

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Manipulační systém rakví krematoria

Coffin handling system in krematorium

Student:

Pavel Brodňan

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Robert Brázda, Ph.D.

Ostrava 2020

# Zadání bakalářské práce

Student: **Pavel Brodňan**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2302R003 Dopravní stroje a manipulace s materiálem  
Téma: **Manipulační systém rakví krematoria**  
**Coffin Handling System in Crematorium**  
Jazyk vypracování: čeština

## Zásady pro vypracování:

Bakalářská práce musí naplnit tyto cíle:

1. Vypracujte odbornou řešerši na téma manipulačních prostředků rakví v krematoriu.
2. Zpracujte varianty manipulačního systému katafalku s vertikálním pohybem.
3. Proveďte výpočet a konstrukční návrh optimálně zvolené varianty katafalku s vertikálním pohybem, včetně potřebných technologických a pevnostních výpočtů.
4. Nakreslete sestavy poháněcí stanice a vertikálního manipulačního systému, včetně katafalku.
5. Vstupní parametry:
  - a) Nosnost:  $N = 400\text{kg}$
  - b) Výška zdvihu:  $H = 3\text{m}$
  - c) Rychlost zdvihu: volte v rozsahu 0% až 90% jmenovité rychlosti
  - d) Rozměry katafalku: volte s ohledem na manipulaci s nadrozměrnou rakví

## Seznam doporučené odborné literatury:

- Polák, J., Pavliska, J., Slíva, A.: Dopravní a manipulační zařízení I. Ostrava: ES VŠB-TU Ostrava, 2001, ISBN 80-248-0043-8.
- Polák, J., Bailotti, K., Pavliska, J., Hrabovský, L.: Dopravní a manipulační zařízení II. Ostrava: ES VŠB-TU Ostrava, 2003, ISBN 80-248-0493-X.
- Polák, J., Slíva, A.: Dopravní a manipulační zařízení III. Ostrava: ES VŠB-TU Ostrava, 2005, ISBN 80-248-0963-X.
- Pavliska, J., Hrabovský, L.: Dopravní a manipulační zařízení IV. Ostrava: ES VŠB-TU Ostrava, 2004, ISBN 80-248-0537-5
- ČSN 01 6910 Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory. srpen 1997. 36 s.
- www.serapid.com - topořivé řetězy.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Robert Brázda, Ph.D.**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020



---

prof. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.  
*vedoucí katedry*



---

prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
*děkan fakulty*



## **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Hranicích dne 30. dubna 2020.




.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Hranicích dne 30. dubna 2020.



Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Pavel Brodňan

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Kpt. Jaroše 1354

75 301 Hranice

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

BRODŇAN, P. *Manipulační systém rakví krematoria: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2020, 94 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Robert Brázda, Ph.D.

Bakalářská práce je zaměřena na návrh manipulačního systému katafalku s vertikálním pohybem. První část práce obsahuje aktuální stav používaných manipulačních prostředků rakví v krematoriu. Další část této práce, se věnuje variantám manipulačního systému katafalku s vertikálním pohybem. Na základě optimální zvolené varianty katafalku s vertikálním pohybem, jsou následně provedeny výpočty a konstrukční návrh, včetně potřebných technologických a pevnostních výpočtů. Práce obsahuje přílohy s výkresy sestavy poháněcí stanice, vertikálního manipulačního systému, včetně katafalku.

## ANNOTATION BACHELOR THESIS

BRODŇAN, P. *Coffin handling system in crematorium: bachelor thesis*. Ostrava: VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2020, 94 p. Thesis head: doc. Ing. Robert Brázda, Ph.D.

The bachelor's thesis is focused on the design of the catafalque handling system with vertical movement. The first part contains the current state of used coffin handling equipment in the crematorium. Another part of this thesis deals with variants of the handling system of the catafalque with vertical movement. Based on the optimal choice of the catafalque variant with vertical movement are carried out calculations and constructional design, including the necessary technological and strength calculations. The thesis contains an annexes with a drawing of the assembly of the drive unit, vertical handling system, including catafalque.

## Obsah

ÚVOD.....	13
1. PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU.....	14
1.1. TRANSPORTNÍ VOZÍKY.....	14
1.2. ZVEDACÍ ZAŘÍZENÍ RAKVÍ.....	18
1.3. ZAVÁŽECÍ ZAŘÍZENÍ.....	21
1.4. MECHANICKÝ KATAFALK.....	23
1.4.1. KATAFALK S VERTIKÁLNÍM POHYBEM.....	23
1.4.2. KATAFALK S HORIZONTÁLNÍM POHYBEM.....	26
2. VARIANTY KATAFALKU S VERTIKÁLNÍM POHYBEM.....	29
2.1. VARIANTY ZVEDACÍHO MECHANISMU.....	30
2.2. VARIANTY POHONU A PŘEVODU MECHANISMU.....	33
2.3. VARIANTA LOŽNÉ PLOCHY.....	38
2.4. VARIANTY OVLÁDÁNÍ.....	40
2.5. VARIANTY BEZPEČNOSTNÍCH PRVKŮ.....	40
3. NADROZMĚRNÁ RAKEV.....	42
4. VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ KATAFALKU.....	43
5. VÝPOČET ROZMĚRŮ KATAFALKU.....	46
5.1. VÝPOČET TĚŽIŠTĚ ZATÍŽENÉ LOŽNÉ PLOCHY.....	48
6. FUNKČNÍ A PEVNOSTNÍ VÝPOČET ZAŘÍZENÍ.....	51
6.1. STATICKÉ ŘEŠENÍ KATAFALKU.....	52
6.1.1. ÚPLNÉ UVOLNĚNÍ JEDNOTLIVÝCH TĚLES SOUSTAVY.....	54
6.1.2. STATICKÝ ROZBOR.....	58
6.1.3. ŘEŠENÍ SOUSTAVY LINEÁRNÍCH ROVNIC.....	58
6.1.4. VÝSLEDNÉ VNITŘNÍ ÚČINKY.....	60
6.2. VOLBA PROFILU A PEVNOSTNÍ KONTROLA RAMEN.....	63
6.3. VOLBA ROZMĚRŮ ČEPŮ A KONTROLA.....	64
6.3.1. ČEPY VE VAZBÁCH C, D, E, F.....	64
6.3.2. ČEPY VE VAZBÁCH A, G.....	66
6.3.3. OSY VE VAZBÁCH B, H.....	67
7. NÁVRH POHÁNĚCÍ STANICE.....	69
7.1. VÝPOČET POTŘEBNÉHO VÝKONU MOTORU.....	70
7.1.1. VOLBA MOTORU.....	71
7.1.2. VOLBA FREKVENČNÍHO MĚNIČE.....	72
7.2. VOLBA PŘEVODOVKY.....	72

7.3.	VOLBA SPOJKY .....	74
7.4.	UMÍSTĚNÍ POHÁNĚCÍ STANICE .....	75
8.	KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ KOMPONENTŮ KATAFALKU .....	77
8.1.	KONSTRUKCE SPODNÍHO RÁMU .....	77
8.2.	KONSTRUKCE HORNÍHO RÁMU .....	77
8.3.	VZÁJEMNÁ ARETACE HORNÍHO A SPODNÍHO RÁMU .....	78
8.4.	KONSTRUKCE RAMEN NŮŽKOVÉHO MECHANISMU .....	79
8.5.	VEDENÍ NŮŽKOVÉHO MECHANISMU .....	80
8.6.	ZPŮSOB OVLÁDÁNÍ KATAFALKU .....	81
8.7.	BEZPEČNOSTNÍ PRVKY KATAFALKU .....	81
8.8.	KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ HORNÍ ČÁSTI KATAFALKU .....	81
9.	VÝSLEDNÉ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ .....	84
	ZÁVĚR .....	87
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A INTERNETOVÝCH ZDROJŮ .....	89
	SEZNAM PŘÍLOH .....	94



## SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A ZKRATEK

Značka	Význam	Jednotka
$A$	Matice soustav lineárních rovnic	[-]
$a$	Vzdálenost působíště síly $F_c$	[mm]
$a_h$	Šířka horní části katafalku	[mm]
$a_m$	Šířka mechanismu	[mm]
$B_p$	Šířka obdélníkového profilu	[mm]
$b$	Délka chodu posuvného uložení	[mm]
$b_h$	Délka horní části katafalku	[mm]
$b_m$	Délka mechanismu	[mm]
$b_v$	Vektor pravých stran	[-]
$c$	Výška zvedacího mechanismu v horní poloze	[mm]
$c'$	Výška zvedacího mechanismu v dolní poloze	[mm]
$d_s$	Průměr spojky	[mm]
$d_{vstup}$	Vstupní průměr hřídele	[mm]
$d_{vystup}$	Výstupní průměr hřídele	[mm]
$F$	Síla působící na ložnou plochu	[N]
$F_{Ax}$	Síla ve vazbě A ve směru osy $x$	[N]
$F_{Ay}$	Síla ve vazbě A ve směru osy $y$	[N]
$F_{By}$	Síla ve vazbě B ve směru osy $y$	[N]
$F_c$	Celková síla působící od břemene a ložné plochy	[N]
$F_{Cx}$	Síla ve vazbě C ve směru osy $x$	[N]
$F_{Cy}$	Síla ve vazbě C ve směru osy $y$	[N]
$F_{Dx}$	Síla ve vazbě D ve směru osy $x$	[N]
$F_{Dy}$	Síla ve vazbě D ve směru osy $y$	[N]
$F_{Ex}$	Síla ve vazbě E ve směru osy $x$	[N]
$F_{Ey}$	Síla ve vazbě E ve směru osy $y$	[N]
$F_{Fx}$	Síla ve vazbě F ve směru osy $x$	[N]
$F_{Fy}$	Síla ve vazbě F ve směru osy $y$	[N]
$F_{Gx}$	Síla ve vazbě G ve směru osy $x$	[N]
$F_{Gy}$	Síla ve vazbě G ve směru osy $y$	[N]
$F_{Hy}$	Síla ve vazbě H ve směru osy $y$	[N]
$F_{Ix}$	Síla ve vazbě I ve směru osy $x$	[N]

$F_{Iy}$	Síla ve vazbě I ve směru osy y	[N]
$F_{Jx}$	Síla ve vazbě J ve směru osy x	[N]
$F_{Jy}$	Síla ve vazbě J ve směru osy y	[N]
$F_{\dot{r}}$	Síla zatěžující mechanismus od hmotnosti řetězu	[N]
$F_z$	Síla zatěžující LinkLift	[N]
$F_1$	Síla působící na jednotlivou část ložné plochy	[N]
$F_2$	Síla působící na jednotlivou část ložné plochy	[N]
$F_3$	Síla působící na jednotlivou část ložné plochy	[N]
$F_4$	Síla působící od hmotnosti samostatné ložné plochy	[N]
$F_5$	Síla působící na jednu stranu nůžkového mechanismu	[N]
$g$	Gravitační zrychlení	[m.s <sup>-2</sup> ]
$H$	Výška zdvihu	[mm]
$H_{\max}$	Maximální výška zdvihu	[mm]
$H_p$	Výška obdélníkového profilu	[mm]
$h_h$	Výška horní části katafalku	[mm]
$h_{\max}$	Maximální výška	[mm]
$h_{\min}$	Minimální výška	[mm]
$h_z$	Hloubka zapuštění pod podlahu	[mm]
$i$	Počet stupňů volnosti soustavy	[-]
$i_p$	Převodový poměr	[-]
$i_s$	Skutečný převodový poměr	[-]
$i_v$	Počet stupňů volnosti tělesa v rovině	[-]
$k$	Bezpečnostní koeficient	[-]
$L$	Délka	[mm]
$L_2$	Vzdálenost mezi horními čepy při horní poloze mechanismu	[mm]
$L_3$	Chod posuvného uložení mezi horní a dolní polohou mechanismu	[mm]
$L_4, 5$	Vzdálenost uložení ramen od okraje horního a dolního rámu v dolní poloze mechanismu	[mm]
$M_k$	Jmenovitý točivý moment	[N·m]
$M_{k\max}$	Maximální točivý moment	[N·m]
$M_{kv}$	Vstupní točivý moment	[N·m]
$M_o$	Ohybový moment	[N·m]
$M_{oI}$	Ohybový moment v prvním úseku	[N·m]

$M_{oII}$	Ohybový moment v druhém úseku	[N·m]
$m_R$	Hmotnost ramen nůžkového mechanismu	[kg]
$m_{\dot{r}}$	Hmotnost řetězu	[kg]
$m_S$	Maximální statické zatížení	[kg]
$m_Z$	Hmotnost zásobníku	[kg]
$N$	Nosnost	[ kg.m <sup>-1</sup> ]
$N_I$	Normálové síly v prvním úseku	[N]
$N_{II}$	Normálové síly v druhém úseku	[N]
$N_{max}$	Maximální normálová síla	[N]
$n$	Otáčky	[ot.min <sup>-1</sup> ]
$n_c$	Počet cyklů	[-]
$n_m$	Otáčky motoru	[ot.min <sup>-1</sup> ]
$n_s$	Počet členů soustavy	[-]
$n_v$	Vstupní otáčky	[ot.min <sup>-1</sup> ]
$n_{2S}$	Skutečné výstupní otáčky z převodovky	[ot.min <sup>-1</sup> ]
$P_m$	Výkon motoru	[kW]
$p$	Napětí v tlaku na čep	[MPa]
$p_{Dov}$	Dovolené napětí v tlaku na čep	[MPa]
$p_{jmen}$	Jmenovitý výkon	[kW]
$p_{\dot{r}}$	Rozteč řetězu	[mm]
$Q_1$	Poměrné zatížení dna rakve při statické zkoušce	[N]
$Q_2$	Poměrné zatížení dna rakve při statické zkoušce	[N]
$Q_3$	Poměrné zatížení dna rakve při statické zkoušce	[N]
$R_e$	Mez kluzu	[MPa]
$R_m$	Mez pevnosti	[MPa]
$S$	Plocha průřezu	[mm <sup>2</sup> ]
$T$	Šířka stěny obdélníkového profilu	[mm]
$T_I$	Posouvající síly v prvním úseku	[N]
$T_{II}$	Posouvající síly v druhém úseku	[N]
$v$	Počet použitelných podmínek statické rovnováhy	[-]
$v_F$	Počet použitelných podmínek silových	[-]
$v_{jmen}$	Jmenovitá rychlost	[m.s <sup>-1</sup> ]
$v_M$	Počet použitelných podmínek momentových	[-]
$v_{s\ z}$	Skutečná rychlost zdvihu	[m.s <sup>-1</sup> ]
$v_z$	Rychlost zdvihu	[m.s <sup>-1</sup> ]

$W_o$	Modul průřezu v ohybu	[mm <sup>3</sup> ]
$x$	Vektor neznámých	[-]
$x'$	vzdálenosti mezi čepy ve spodní poloze mechanismu	[mm]
$x_T$	Vzdálenost působíště síly $F_c$	[mm]
$x_1$	Vzdálenost působíště síly $F_1$	[mm]
$x_2$	Vzdálenost působíště síly $F_2$	[mm]
$x_3$	Vzdálenost působíště síly $F_3$	[mm]
$x_4$	Vzdálenost působíště síly $F_4$	[mm]
$y$	Polovina výšky mezi spodním a horním čepem v horní poloze mechanismu	[mm]
$y'$	Polovina minimální výšky nůžkového mechanismu	[mm]
$z$	Délky ramene mechanismu	[mm]

---

$\alpha$	Velikost úhlu ramen vůči spodnímu rámu při horní poloze mechanismu	[°]
$\alpha'$	Velikost úhlu ramen vůči spodnímu rámu při dolní poloze mechanismu	[°]
$\eta$	Počet předpokládaných deformačních parametrů	[-]
$\eta_{Link}$	Účinnost LinkLiftu	[%]
$\eta_m$	Účinnost motoru	[%]
$\eta_p$	Účinnost převodovky	[%]
$\mu$	Počet neznámých parametrů	[-]
$\mu_F$	Počet neznámých parametrů silových	[-]
$\mu_M$	Počet neznámých parametrů momentových	[-]
$\mu_T$	Počet neznámých poloh působení sil	[-]
$\xi_i$	Počet stupňů volnosti odebraných vazbou	[-]
$\sigma_o$	Napětí v ohybu	[MPa]
$\sigma_{o\ Dov}$	Dovolené napětí v ohybu	[MPa]
$\sigma_{tlak,tah}$	Napětí v tlaku a tahu	[MPa]
$\tau$	Smykové napětí	[MPa]
$\tau_{Dov}$	Dovolené smykové napětí	[MPa]
$\omega$	Úhlová rychlost	[rad.s <sup>-1</sup> ]

# ÚVOD

Pro usnadnění manipulace s rakvemi v krematoriích se v dnešní době, ale i v minulosti používalo mnoho manipulačních zařízení. Tato zařízení vytvářejí manipulační systém, který musí zabezpečit jak horizontální, tak vertikální dopravu rakve s ostatky zesnulých. Manipulační prostředky musí zabezpečit snadný a bezpečný pohyb rakve od jejího převzetí v krematoriu, přes přípravu ostatků, smuteční obřad, až po uložení rakve do hrobu, nebo do spalovací komory kremační pece.

Cílem této práce, je navrhnout optimální variantu katafalku s vertikálním pohybem. Tento katafalk musí být navržen tak, aby poskytl možnost manipulovat i s nadrozměrnou rakví.

První část této práce je věnována odborné rešerši k zjištění současného stavu manipulačních prostředků rakví používaných v krematoriích. V další části jsou zpracovány možné varianty katafalku s vertikálním pohybem. Hlavní část této práce obsahuje výpočty a konstrukční návrh optimálně zvolené varianty katafalku s vertikálním pohybem, včetně technologických a pevnostních výpočtů.

# 1. PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

Manipulační zařízení používané v krematoriích lze rozdělit podle způsobu využití na transportní vozíky, transportní vozíky se zvedacím mechanismem, zvedací zařízení, vysokozdvížné vozíky, mechanické katafalky a zavážecí zařízení.

## 1.1. TRANSPORTNÍ VOZÍKY

Transportní vozíky slouží pro usnadnění manipulace s rakví v prostoru krematoria. Tyto vozíky mají jednoduchou konstrukci, jsou lehké a výhradně na ruční pohon. Lze je rozdělit na dva základní druhy, a to s pevnou a nůžkovou (teleskopickou) konstrukcí.

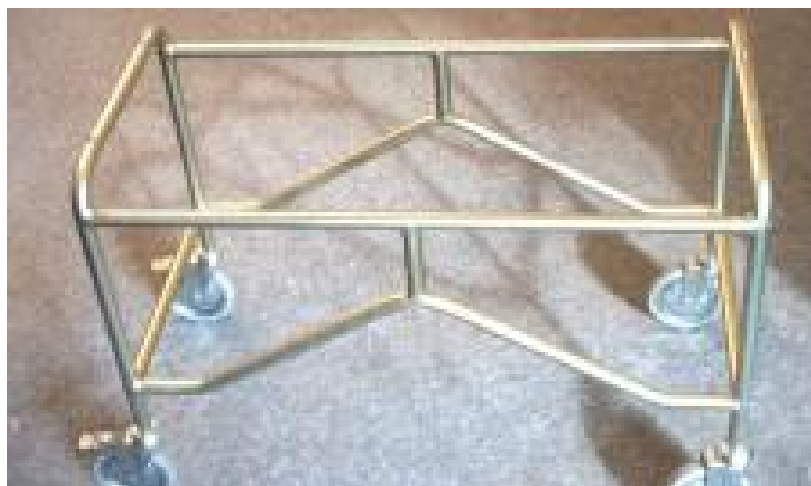
### TRANSPORTNÍ VOZÍKY S PEVNOU KONSTRUKCÍ

Vozíky s pevnou konstrukcí mají základní rám z hliníkových, nebo tenkostěnných ocelových trubek (Obr. 1, 2). Jsou osazeny čtyřmi pojezdovými koly, která mají schopnost otáčení v celém 360° úhlu pro snadnou změnu směru při pohybu. Kola jsou vybavena mechanickou brzdou pro zabezpečení nežádoucího pohybu transportního vozíku. Nosnost vozíků dosahuje až 450 kg [1, 2].



**Obr. 1 – Transportní vozík s pevnou konstrukcí z hliníkových trubek**

Zdroj: <http://www.dewi.sk/katalog/17-voziky-na-truhly/897-vozik-r100>



**Obr. 2 – Transportní vozík s pevnou konstrukcí z tenkostěnných ocelových trubek**

*Zdroj: <https://www.tabocs.cz/kremacni-zarizeni/doplňkove-vybaveni-krematoria>*

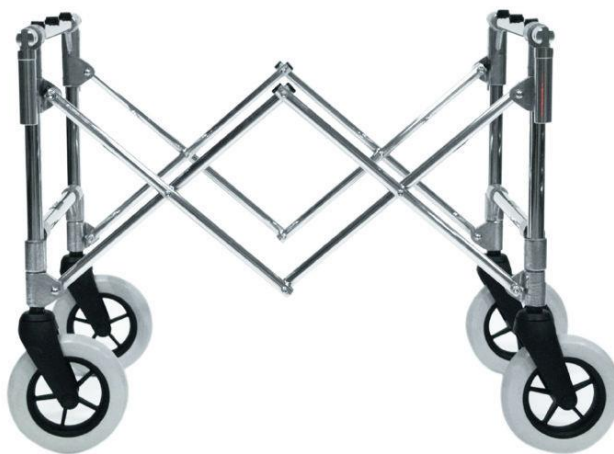
### **TRANSPORTNÍ VOZÍKY S VÍCENŮŽKOVOU KONSTRUKCÍ**

Vozík s vícenůžkovou konstrukcí, jako například od firmy Vytex dp s.r.o. (Obr. 3), má konstrukci z eloxovaných hliníkových trubek a obdélníkových profilů. Vícenůžkový mechanismus dovoluje nastavit délku vozíku v rozmezí 200 až 1500 mm. Při složeném a rozloženém stavu se mění i výška vozíku vzhledem k použitému mechanismu a ta činí 600 mm v zcela rozloženém stavu a 810 mm ve složeném stavu. Celková hmotnost tohoto vozíku je 24 kg a nosnost je 450 kg. Tyto transportní vozíky se vyrábějí také v dvoulůžkovém provedení (Obr. 4). Výhodou této konstrukce je vysoká skladnost [3, 4].



**Obr. 3 – Transportní vozík s vícenůžkovým mechanismem**

*Zdroj: <https://www.vytex.sk/voziky-a-nosidla>*



**Obr. 4 – Transportní vozík s dvounůžkovým mechanismem**

Zdroj: <https://www.medicalexpo.fr/prod/auden-funeral-supplies/product-84615-547167.html>

## **TRANSPORTNÍ VOZÍKY SE ZVEDACÍM MECHANISMEM**

Transportní vozíky se zvedacím mechanismem jsou určeny jak pro horizontální, tak vertikální manipulaci, například k ukládání rakve do vyšších komor chladicího zařízení. Konstrukce těchto vozíků je v dnešní době převážně založena na nůžkovém mechanismu. Konstrukce je tvořena, dle požadované zvedací výšky jednou (Obr. 5), nebo dvěma (Obr. 6) čtveřicemi zvedacích ramen, horním a základním rámem. Jednotlivé dvojice ramen jsou ve středu spojeny čepy a po krajích jsou popřípadě spojeny čepy s dalšími dvojicemi ramen. Do horního a základního rámu je vždy jedno z dvojice ramen uchyceno pevně čepem a druhé rameno je uchyceno tak, aby dovolovalo horizontální posuv v horním a základním rámu. Horní rám je převážně uzpůsoben jako ložná plocha, která je vybavena válečkovou tratí pro snadnou manipulaci s rakví. Zdvih zabezpečuje ve většině případů elektrohydraulická jednotka nebo hydraulická jednotka na ruční, nožní pohon (Obr. 7). Spodní rám je vybaven čtyřmi pojezdovými koly, z nichž jsou dvě vybavena mechanickou brzdou. Pro usnadnění manipulace jsou některé vozíky vybaveny elektromotorem, který zabezpečuje horizontální pohyb (Obr. 8). Tyto vozíky jsou vybaveny elektromagnetickou brzdou pro bezpečnou manipulaci. Nosnost těchto vozíků se pohybuje dle robustnosti konstrukce a výkonnosti elektrohydraulického pohonu okolo 300 kg [5, 6, 7, 8].





**Obr. 5 – Transportní vozík se zvedacím jednonůžkovým mechanismem**

Zdroj: <https://www.medicalexpo.com/prod/auden-funeral-supplies/product-84615-547145.html>



**Obr. 6 – Transportní vozík se zvedacím dvounůžkovým mechanismem**

Zdroj: <https://medical-stretchers.com/19-body-casket-lifts>



**Obr. 7 – Transportní vozík se zvedacím jednonůžkovým mechanismem a nožním pohonem hydraulické jednotky**

Zdroj: <http://www.tekequipment.com.au/content/lift-transport-mortuary-trolleys>



**Obr. 8 – Transportní vozík se zvedacím jednonůžkovým mechanismem a elektromotorem pro usnadnění horizontálního pohybu**

*Zdroj: <https://elevatorimontaferetri.blogspot.com/2013/09/elevatori-montaferetri.html>*

## **1.2. ZVEDACÍ ZAŘÍZENÍ RAKVÍ**

Vysokozdvížné vozíky a zvedací plošiny slouží pro usnadnění manipulace s rakví ve vyšších polohách. Tato zařízení slouží primárně pro zdvih rakve, ale některá zařízení dovolují i horizontální manipulaci. Tato zařízení mají převážně elektrohydraulický pohon, ale vyrábějí se i s ručním, nebo nožním hydraulickým pohonem a také mechanickým.

### **VYSOKOZDVIŽNÉ VOZÍKY**

Vysokozdvížné vozíky dovolují jak vertikální, tak horizontální manipulaci s rakví. Konstrukce se skládá ze základního rámu, zdvižných vidlic, pohonné jednotky a čtyř pojezdových kol. Pohonná jednotka může být ruční mechanická za použití bubnového navijáku a zdvižného lana (Obr. 9), ruční - nožní hydraulická, nebo elektrohydraulická (Obr. 10). Tyto vysokozdvížné vozíky jsou konstruovány pro zdvih rakve přibližně do 1500 mm. Nosnost těchto vozíků, je dimenzována v mnoha případech na 300 kg [9, 10].



**Obr. 9 – Vysokozdvížený vozík s ručním pohonem za pomoci bubnového navijáku**

Zdroj: [http://www.honor-pieteitstechniek.nl/uitvaart\\_mortuarium/page.html](http://www.honor-pieteitstechniek.nl/uitvaart_mortuarium/page.html)



**Obr. 10 – Vysokozdvížený vozík s elektrohydraulickým pohonem**

Zdroj: [http://www.honor-pieteitstechniek.nl/uitvaart\\_mortuarium/page.html](http://www.honor-pieteitstechniek.nl/uitvaart_mortuarium/page.html)

## **ZVEDACÍ PLOŠINY**

Zvedací plošiny jsou učený pro manipulaci s rakví ve výškách, kde nelze z důvodu nízkého dosahu použít dvounůžkové transportní vozíky nebo vysokozdvížené vozíky. Konstrukce těchto zvedacích plošin, je založena na teleskopickém rameni, které umožňuje zdvih rakve do výšky 5m.

Na spodní části rámu se nachází elektrohydraulický pohon pro zdvih teleskopické části, elektronická řídicí jednotka, čtyři podpěrná stabilizační ramena, čtyři pojezdová kola, z nichž dvě jsou říditelná. Dále řídicí madlo pro ovládání směru pohybu a ovládání elektrického pohonu pro horizontální pohyb. Horní část rámu je osazena bezpečnostním košem, pro maximální bezpečnost práce ve výškách, ovládacím panelem, plošinou s válečkovou tratí a nůžkovým mechanismem pro nastavení optimální výšky manipulace s rakví. Plošina je z důvodu bezpečnosti vybavena nouzovým ručním hydraulickým čerpadlem. Elektrický systém je napájen vestavěnými elektrickými bateriemi. Nosnost zvedací plošiny (Obr. 11) činí 300 kg včetně obsluhy. Tyto zvedací plošiny jsou využívány pro umístění rakví do chladicích boxů ve velkých krematoriích [11].



**Obr. 11 – Teleskopická zvedací plošina**

*Zdroj: [https://www.dimcar.it/en/cemetery\\_range/coffin\\_hoist/index.aspx](https://www.dimcar.it/en/cemetery_range/coffin_hoist/index.aspx)*

### 1.3. ZAVÁŽECÍ ZAŘÍZENÍ

Zavážecí zařízení slouží k umístění rakve do prostoru spalovací komory kremační pece. Tato zařízení mohou mít různá konstrukční řešení, která závisí jak na stavební dispozici, tak na typu a provedení kremační pece, nebo spalovací komory. Lze je rozdělit na dva základní typy, a to vestavěné a mobilní zavážecí zařízení.

#### VESTAVĚNÉ ZAVÁŽECÍ ZAŘÍZENÍ

Tato zavážecí zařízení mohou být součástí samotné kremační pece, nebo mohou být samostatné zařízení umístěné před kremační pecí. Zavážecí zařízení (Obr. 12) je konstruováno jako elektrohydraulické zvedací zařízení, které je umístěno na pojezdových kolejničích. Pro zdvih a umístění rakve do spalovací komory je toto zařízení vybaveno vidlicemi, které mají nosnost 300 kg. Posun zařízení s rakví ke spalovací komoře je u tohoto typu prováděno ručně, ale některé typy zavážecích zařízení jsou plně automatické. Zavážecí zařízení (Obr. 13) je integrováno do konstrukce spalovací pece. Zařízení je konstruováno jako jednonůžkový mechanismus s tlačným řetězem a elektrickým pohonem, ložná plocha je vybavena pojezdovým zařízením, které umísťuje rakev do spalovací komory [2, 12, 13].



Obr. 12 – Zavážecí zařízení s vidlicemi

Zdroj: <https://www.tabocs.cz/kremani-zarizeni/zavazeci-zarizeni>



**Obr. 13 – Zavážecí zařízení s nůžkovým mechanismem a topořivým řetězem**

*Zdroj: <https://dfweurope.com/>*

## **MOBILNÍ ZAVÁŽECÍ ZAŘÍZENÍ**

Mobilní zavážecí zařízení je konstruováno pro umístění rakve do spalovací komory, ale také pro manipulaci s rakví v prostoru krematoria. Tímto odpadá potřeba transportních vozíků. Tato zařízení jsou navržena tak, aby byla schopna umístit rakev do jakéhokoliv typu kremační pece, což je jejich velikou výhodou. Zavážecí zařízení (Obr. 14) používá nůžkový zvedací mechanismus s elektrohydraulickým pohonem, který je schopen zvednout břemeno o hmotnosti 413 kg. Ložná plocha je osazena válečkovou tratí a samotné zasunutí rakve do prostoru krematoria je zabezpečeno tlačným zařízením, které je na elektrický pohon. Horizontální pohyb zabezpečuje elektromotor a rychlost pohybu je možno upravit dle požadavků. Zavážecí zařízení je vybaveno elektrickým akumulátorem, který zabezpečuje dojezd až 15 km na jedno nabití. Pro pojezd je využito čtyř pojezdových kol a jednoho hnacího pojezdového kola [14, 15].





**Obr. 14 – Mobilní zavážecí zařízení**

*Zdroj:* <http://www.leec.co.uk/products/crematoriums-and-cemeteries/cremation-chargers/cremator-charger-kompact>

## **1.4. MECHANICKÝ KATAFALK**

Katafalk je pietní místo, které slouží k vystavení rakve se zesnulou osobou během smutečního obřadu. Již ve čtyřicátých letech 19. století se začínají objevovat katafalky, které jsou vybaveny mechanismem pro spouštění a zvedání rakve do požadované polohy. V této době byl vertikální pohyb řešen pohybovým šroubem, nebo hydraulickým válcem. Tyto mechanismy byly na ruční pohon. V dnešní době je mechanickým katafalkem vybaveno takřka každé krematorium, tyto katafalky můžeme rozdělit na dva základní druhy, a to s vertikálním a horizontálním pohybem. U každého druhu můžeme nalézt několik modifikací, s rozdílnými mechanismy, které zabezpečují pohyb rakve [16].

### **1.4.1. KATAFALK S VERTIKÁLNÍM POHYBEM**

Mechanické katafalky, které vykonávají s rakví vertikální pohyb lze rozdělit na dva druhy, a to mobilní a stacionární (vestavěný) katafalk. Mobilní katafalk, je možno umístit kdekoli v prostoru krematoria. Stacionární katafalk je pevně umístěn v zákulisí pod smuteční síní a viditelná část při pietním aktu je pouze jeho ložná plocha s rakví.

## MOBILNÍ KATAFALK

Mobilní katafalk je určen pro krematoria, nebo pietní místa, kde stavební dispozice nedovolují umístění stacionárních katafalků. Katafalk od firmy Australian Engineering Solutions Pty. Ltd. (Obr. 15) je vybaven válečkovou tratí a mechanismem, který zabezpečuje vertikální pohyb ložné plochy, tento pohyb je možno ovládat na dálkové ovládání. Vzhledem k malé hloubce katafalku je navíc vybaven mechanickou zvedací clonou pro celkové zakrytí rakve [17].



**Obr. 15 – Mobilní mechanický katafalk**

*Zdroj: <https://www.austengcc.net.au/product/catafalque/>*

## STACIONÁRNÍ KATAFALK S HYDRAULICKÝM VÁLCEM

Mechanismus těchto katafalků tvoří robustní hydraulický válec. Tělo válce je zapuštěno do podlahy a na konci pístnice je umístěna ložná plocha pro rakev (Obr. 16). Vzhledem k velikosti hydraulického válce je zapotřebí dostatek místa pro další rozměrné komponenty, například pro nádrž na hydraulickou kapalinu. Nevýhodou těchto mechanických katafalků je značná velikost samotného mechanismu. Dále náročnost na případnou údržbu a opravy, vzhledem k umístění hydraulického válce pod podlahou suterénu (Obr. 17). Katafalky, které používají samostatný hydraulický válec ke zdvihu ložné plochy, jsou již z větší části nahrazovány vícenůžkovým mechanismem, například v krematoriu ve městě Ústí nad Labem [18].





**Obr. 16 – Mechanický katafalk s hydraulickým válcem**

*Zdroj: <https://www.flickr.com/photos/130637704@N03/29570116808/>*



**Obr. 17 – Hydraulický válec katafalku**

*Zdroj: [http://www.msul.cz/admin/fileman/Uploads/vz/vyrocní\\_zpráva\\_2014.pdf](http://www.msul.cz/admin/fileman/Uploads/vz/vyrocní_zpráva_2014.pdf)*

## **STACIONÁRNÍ KATAFALK S VÍCENŮŽKOVÝM MECHANISMEM**

Katafalk s vícenůžkovým mechanismem je využíván v krematoriích, kterým stavební dispozice dovolují umístit tento mechanismus do suterénu pod smuteční síň (Obr. 18). Konstrukce je tvořena dle požadované zvedací výšky několika čtveřicemi zvedacích ramen, horním a základním rámem. Jednotlivé dvojice ramen jsou ve středu spojeny čepem. Po krajích jsou tyto dvě dvojice ramen spojeny s dalšími dvojicemi ramen navzájem čepem. Do horního a základního rámu je vždy jedno z dvojice ramen uchyceno pevně čepem a druhé rameno je uchyceno tak, aby dovolovalo horizontální posuv v horním a základním rámu. Pohon je elektrohydraulický.



**Obr. 18 – Mechanický katafalk s vícenůžkovým mechanismem**

*Zdroj: <http://www.pohrebiste.cz/stranky/archiv/fotogale/foto.htm?37;24>*

#### **1.4.2. KATAFALK S HORIZONTÁLNÍM POHYBEM**

Katafalky s horizontálním pohybem využívají pro pohyb rakev do zákulisí krematoria několik technických řešení. Z technického hlediska lze mnoho z nich označit za dopravníky. Tyto dopravníky jsou zabudovány do rámu katafalku, vyznačují se malou dopravní vzdáleností a malou dopravní rychlostí, která je vzhledem k pietnímu obřadu vyžadována. Pro pohon je využito elektrických jednotek ve spojení s převodovkou.

#### **KATAFALK S DOPRAVNÍM PÁSEM**

Tento mechanický katafalk je technicky řešen jako pásový dopravník. Rakev se díky tomuto mechanismu posouvá vertikálním směrem do zákulisí krematoria (Obr. 19). Skládá se z dopravního pásu, kluzné desky, hnacího a hnaného bubnu, napínacího mechanismu, nosného rámu, pohonné elektrické jednotky a převodového ústrojí.



**Obr. 19 – Mechanický katafalk s dopravním pásem**

Zdroj: <https://www.goodfuneralguide.co.uk/wp-content/uploads/2016/07/West-Chapel-catafalque.jpg>

### **KATAFALK S POSUVEM RAKVE POMOCÍ POHYBOVÉHO ŠROUBU**

Toto technické řešení posuvu rakve je založeno na šroubovém mechanismu a matici s tlačným kolíkem. Pohon je zabezpečován elektrickým motorem, ve spojení s převodovkou, pro docílení požadované rychlosti pohybu rakve. Při pohybu se rakev posouvá po nosných kladičkách do zákulisí krematoria (Obr. 20).



**Obr. 20 – Katafalk s posuvem rakve pomocí pohybového šroubu**

Zdroj: <https://www.goodfuneralguide.co.uk/wp-content/uploads/2016/07/East-Chapel-rollers-e1467378546891.jpg>

## KATAFALK S POJEZDOVÝMI KOLY A VODÍCÍMI KOLEJNICEMI

Katafalk má konstrukci elektrického vozíku, který je umístěn na vodících kolejnicích, zabudovaných do podlahy krematoria (Obr. 21). Systém se skládá z pojezdových kol, převodovky, hnacího elektrického motoru, řídicí jednotky a vodících kolejnic [19].



**Obr. 21 – Katafalk s pojezdovými koly a vedením**

*Zdroj: <http://www.pohrebnickepomucky.cz/sortiment/pojizdny-katafalk/pojizdny-katafalk-na-miru/>*

## 2. VARIANTY KATAFALKU S VERTIKÁLNÍM POHYBEM

Katafalk s vertikálním pohybem lze specifikovat jako zvedací plošinu, která je konstruována pro speciální úkol, a to vertikální manipulaci s rakví s lidskými ostatky.

Pro návrh variant konstrukčních řešení katafalků, jsou velice důležité tyto parametry:

- Požadovaná nosnost – hmotnost břemene, kterou musí být schopno zvedací zařízení bezpečně přemístit.
- Velikost zařízení – fyzické rozměry celého zařízení.
- Požadovaný zdvih – vertikální rozsah plošiny mezi minimální spodní a maximální horní polohou ložné plochy.
- Způsob provozu – mechanismus zajišťující zdvih plošiny a zdroj poháněcí energie [20].

Vzhledem k tomu, že toto zařízení slouží k specifickému úkolu, jsou na něho kladeny i jiné požadavky, které u běžných zvedacích zařízení nejsou, nebo jsou zanedbatelné. Mezi nejdůležitější patří:

- Rychlost pohybu – rychlost vertikálního pohybu musí být možno upravit dle aktuální situace. V případě, kdy se ložná plocha katafalku pohybuje vzhůru před smutečním obřadem, je žádoucí rychlý vertikální pohyb vzhledem k úspoře času. V případě, že probíhá smuteční obřad, vertikální pohyb směrem dolů musí být pomalý a plynulý.
- Hlučnost zařízení – mechanismus katafalk musí při pietním aktu zabezpečit vertikální pohyb rakve, který musí proběhnout v tichosti, tak aby nenarušoval svou činností smuteční obřad.
- Hygienické požadavky – zařízení bude pracovat v prostředí, kde je potřeba dbát zvýšených hygienických požadavků, z tohoto důvodu, by měly být některé součásti zvedacího zařízení snadno omyvatelné a rezistentní proti čistícím a desinfekčním prostředkům.

## 2.1. VARIANTY ZVEDACÍHO MECHANISMU

Zvedací mechanismus je základní nosná část zvedací plošiny. Konstrukce těchto mechanismů je velice rozličná, ale pro uplatnění jako součást katafalku se výběr značně zužuje.

### NŮŽKOVÝ MECHANISMUS

Nůžkový mechanismus je jeden z nejčastějších konstrukčních řešení, který se využívá pro zvedací plošiny (Obr. 22). Tento mechanismus je založen na dvou párech stejně dlouhých ramen, spodním a horním rámu, popřípadě v horní části ložnou plochou, která může tvořit horní rám. Ramena jsou ve středu spojena čepy a po krajích je každé rameno spojeno se spodním a horním rámem. Na jedné straně jsou pevně spojeny čepy a na druhé straně posuvným uložením. Princip mechanismu je založen na zmenšování vzdálenosti mezi pevným a posuvným uložením ramen.

Konstrukční řešení tohoto mechanismu můžeme rozdělit do tří skupin a to jednonůžkové, vícenůžkové a tandemové.

Velkou výhodou nůžkového mechanismu je, že dosahuje poměrně velkého pracovního zdvihu, a přitom je mechanismus ve sklopeném stavu značně nízký. Další výhoda plyne z možnosti použití mnoha konstrukčních řešení pohonu a převodu [20].



**Obr. 22 – Zvedací plošina Hymo Maxima DXT**

Zdroj: <https://www.altosystems.cz/produkt/zvedaci-stulplosina-hymo-maxima-dxt/>

## TELESKOPICKÝ MECHANISMUS

Teleskopický mechanismus (Obr. 23) je tvořen několika profilovanými částmi, které se do sebe zasouvají a vysouvají pomocí pohonné jednotky. První část je pevně ukotvena k podlaze, nebo ke spodnímu rámu. Na poslední horní části je upevněn rám nebo ložná plocha.

Výhodou tohoto provedení je jeho uzavřená konstrukce, která je nenáročná na údržbu. Nevýhodou je nutnost zapustit mechanismus pod úroveň podlahy, pokud chceme dosáhnout ložnou plochou na její úroveň [21].



**Obr. 23 – Teleskopický zdvihací sloup PHOENIX**

*Zdroj: <https://www.altosystems.cz/produkt/teleskopicky-zdvihaci-sloup-phoenix/#popis>*

## SLOUPOVÝ MECHANISMUS

Sloupový mechanismus (Obr. 24) se využívá převážně pro zvedání automobilních prostředků, ale po úpravě ložné plochy lze tento mechanismus využít jako zvedací plošinu. Mechanismus se skládá z profilovaného sloupu, který vytváří nosný prvek. Tento sloup je uchycen pomocí rámu v podlaze. Pro vertikální pohyb ložné plochy je mechanismus vybaven pohybovým šroubem, nebo hydraulickou pohonnou jednotkou [22].



**Obr. 24 – Jednosloupový automobilový zvedák**

*Zdroj: <https://www.naradi-pro.cz/jednosloupove-zvedaky>*

## **MECHANISMUS VODÍCÍCH PRVKŮ**

Mechanismus je založen na dvou (Obr. 25), nebo čtyřech vodících lištách, které udržují ložnou plochu ve správné poloze. Ložná plocha je osazena vodícími kladkami, které se odvalují po vodících prvcích při zvedání nebo spouštění. Tento mechanismus může být osazen různými druhy pohonu, například hydraulickým, lanovým, řemenovým [23].



**Obr. 25 – Zvedací plošina s vodícími prvky**

*Zdroj: <https://vytahy-vmc.cz/ostatni-vytahove-sluzby/plosiny/nakladni-hydraulicke/>*



## 2.2. VARIANTY POHONU A PŘEVODU MECHANISMU

Pro pohon katafalku (zvedací plošiny) lze v dnešní době využít mnoho výkonných pohonných jednotek. Tyto jednotky se liší jak velikostí zástavby, tak pohonným médiem nebo principem funkce vytváření tlačné, tažné síly.

### HYDRAULICKÝ POHON

Hydraulický válec s hydraulickým čerpadlem, poháněným elektromotorem (Obr. 26), je v dnešní době nejčastější variantou pohonné jednotky zvedacích plošin. Pracovní médium je hydraulická kapalina. U zvedacích plošin velkých nosností, je možno použít několik hydraulických válců, které pracují paralelně.

Velkou výhodou je možnost dosáhnout velké síly s malými zástavbovými rozměry [24].



**Obr. 26 – Zvedací plošina s hydraulickým pohonem**

*Zdroj: <https://test.ajprodukty.cz/transport-a-manipulace/zvedaci-plosiny/zvedaci-plosina/463607-19437520.wf>*

### PNEUMATICKÝ POHON

Pro pohon katafalku (zvedací plošiny) lze využít pneumatických válců (Obr. 27), nebo měchů (Obr. 28). Pracovním médiem je u těchto pneumatických pohonů stlačený vzduch, který je dodáván kompresorem. Pneumatické měchy lze použít paralelně pro zvětšení síly, nebo sériově pro zvětšení zdvihu.

Velkou výhodou je rychlost mechanismu. Nevýhodou je velký rozměr kompresoru a vzdušníku [24].



**Obr. 27 – Pneumatický válec**

Zdroj: <https://www.fluidtechnik.eu/default/product/view?id=966>



**Obr. 28 – Zvedací plošina s pneumatickými měchy**

Zdroj: <https://www.advancelifts.com/turn-tables/air-operated-lift-turn-atr-series/>

## **ELEKTROMECHANICKÝ AKTUÁTOR**

Elektromechanický lineární aktuátor (Obr. 29), je akční člen produkující tlačnou nebo tažnou sílu. Princip mechanismu vychází z převodu rotačního pohybu elektromotoru přes převodovku (šnekovou nebo čelní) na lineární pohyb výsuvné tyče. Pomocí správné volby elektromotoru, převodovky a tělesa aktuátoru lze dospět k požadované axiální síle (statické i dynamické) a požadované rychlosti.

Elektromechanický lineární aktuátor je alternativou hydraulických i pneumatických válců [24, 25].



**Obr. 29 – Elektromechanický lineární aktuátor**

Zdroj: <https://www.yaskawa.cz/produkty/linearni-aktuator>

## POHYBOVÝ ŠROUB

Použití pohybového šroubu u zvedacích plošin jako pohonného elementu je méně časté. Hlavní části mechanismu tvoří šroub s lichoběžníkovým rovnoramenným profilem závitu a matice (Obr. 30). Pohonná jednotka je dále osazena elektromotorem a převodovým ústrojím.

Nevýhodou tohoto mechanismu je značné tření a možnost trhavých pohybů a dále nutnost krytí pohybového šroubu z důvodu zvyšování tření při okolní prašnosti [26].



**Obr. 30 – Pohybový šroub osazen na plošině s nůžkovým mechanismem**

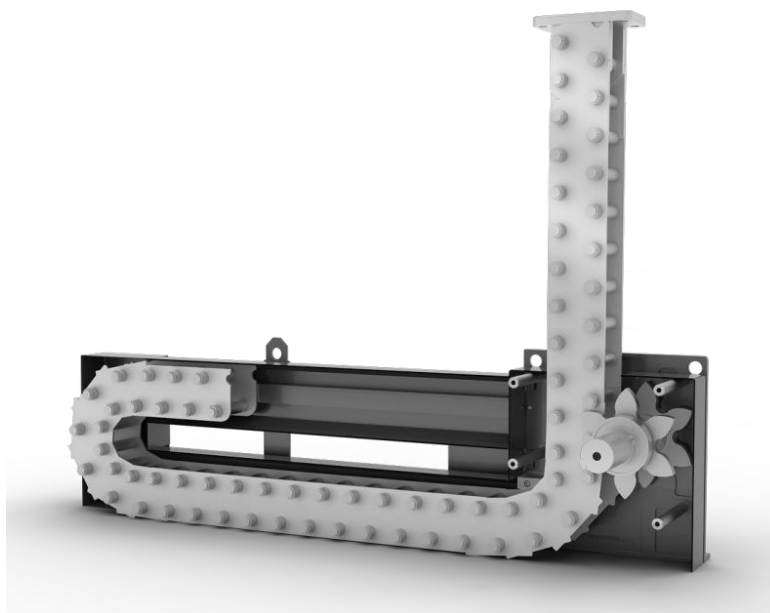
Zdroj: <https://www.bushman.com/floor-based-material-handling-equipment/lift-platforms/>

## TLAČNÝ ŘETĚZ

Obecně lze říct, že tlačný řetěz představuje mechanický pohon s vertikálním nebo horizontálním působením tažné nebo tlakové síly. V dnešní době je na trhu několik variant tlačných řetězů, které lze rozdělit do dvou skupin. Do první skupiny patří řetězy, které potřebují vedení zaručující, že nedojde ke zhroucení vysunuté části. Ve druhé skupině jsou řetězy, které toto vedení nepotřebují a tvoří po vysunutí samonosný řetězový sloup.

Pohonný mechanismus s tlačným řetězem, například od společnosti Serapid (Obr. 31), je tvořen vodorovným zásobníkem, jednopatrovým nebo vícepatrovým, dle požadované délky řetězu. V zásobníku je uložen speciální tvarovaný řetěz se zámky, který se pomocí řetězového kola vysouvá nebo zasouvá do požadované polohy. Řetěz je konstruován tak, že ohyb je možný jen na jednu stranu. Vysunutý řetěz pak tvoří celistvý sloup. Celý mechanismus je poháněn elektromotorem přes převodové ústrojí, které je spojeno s řetězovým kolem. Pro zabezpečení provozu a udržení břemene v požadované poloze je systém nutno osadit brzdou.

Výhodou tlačného řetězu je tichý chod mechanismu, jednoduchá konstrukce, a s tím spojená levná a jednoduchá údržba [27, 28].



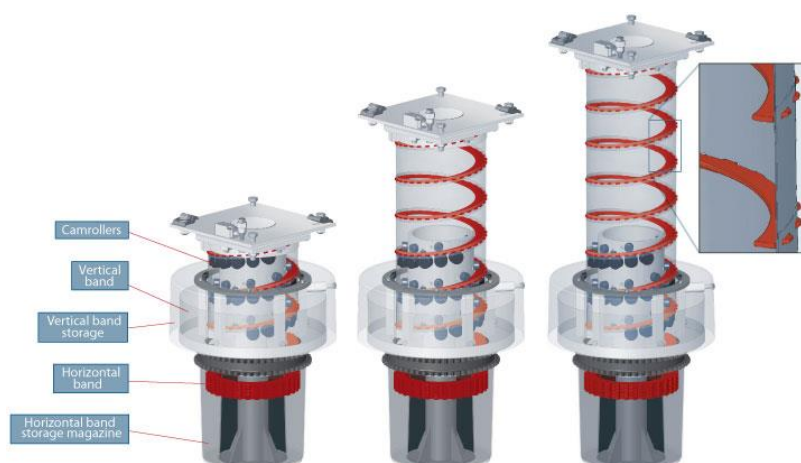
**Obr. 31 – Tlačný řetěz LinkLift od společnosti Serapid**

Zdroj: <https://www.serapid.com/en/products-and-solutions/linklift-lift-system-heavy-loads>

## MECHANISMUS SPIRALIFT

Spiralift je zařízení, které k vytváření tlačné síly využívá rotační pohyb mechanismu, který skládá tenké a pružné ocelové pásy ve vertikálním a horizontálním směru (Obr. 32).

Princip tohoto mechanismu, je založen na vzájemném propojování obou plechů ve tvaru šroubovice. Při tomto spojení se z plechů vytváří celistvý sloup. Horizontální plech se zuby, je uložen ve spodním zásobníku a připomíná ve složeném stavu stlačenou pružinu. Druhý plech s otvory na zuby, je svinutý v horním zásobníku. Tento plech se při skládání otáčí kolem osy vytvářeného sloupu spolu se zásobníkem a skládacím mechanismem (Obr. 33). Skládací mechanismus postupně ukládá jak horizontální, tak vertikální plech do šroubovice a zabezpečuje zasunutí zubů horizontálního plechu do otvorů vertikálního plechu. Dle směru otáčení skládacího mechanismu se tlačný sloup vysouvá nebo zasouvá [29].



Obr. 32 – Zdvihací jednotka Spiralift

Zdroj: <http://www.hizook.com/blog/2010/11/07/spiralift-ultimate-telescoping-linear-actuator>



Obr. 33 – Zásobník systému Spiralift

Zdroj: <https://twitter.com/ultrayul/status/352472645050191872>

## ŘEMENOVÝ PŘEVOD

Jedním z méně častých konstrukčních provedení, které zabezpečuje zdvih plošiny je řemenový převod spojený s elektromotorem přes převodové ústrojí. Pro přenos síly je použito gumových řemenů, které jsou vyztuženy ocelovými kordy. Dle zatížení je mechanismus osazen dvěma, nebo více řemeny. Tento pohonný mechanismus musí být vybaven brzdou. Jedno z možných provedení je od firmy EnKon, kdy je řemenový převod v kombinaci s nůžkovým mechanismem (Obr. 34) [30].



Obr. 34 – Řemenový převod v kombinaci s nůžkovým mechanismem

Zdroj: [https://www.enkon.pro/images/v0904\\_01\\_enkon\\_automated\\_robot\\_belt\\_drive\\_scissor\\_lift\\_table\\_09.jpg](https://www.enkon.pro/images/v0904_01_enkon_automated_robot_belt_drive_scissor_lift_table_09.jpg)

## 2.3. VARIANTA LOŽNÉ PLOCHY

Konstrukce a úprava povrchu ložné plochy má zásadní vliv na velikost vynaložené síly pro nakládku a vykládku břemene v případě ruční manipulace. V případě katafalku je ložná plocha viditelnou částí a musí splňovat i další požadavky, například estetické.

### HLADKÁ LOŽNÁ PLOCHA

Hladká ložná plocha je u zvedací plošiny nejčastějším konstrukčním řešením. Vyrábí se z ocelových, nebo nerezových plechů (Obr. 35). Další možností je použití konstrukčních plastů, které jsou velice odolné proti abrazi a mají vysokou kluznou schopnost. Tyto plasty se vyrábějí v mnoha barevných odstínech, jako například PE 1000.



Výhodou hladké ložné plochy je snadná údržba. Konstrukce ložné plochy je často samonosná a nepotřebuje rám, což má kladný dopad na cenu celé plošiny.



**Obr. 35 – Samonosná ložná plocha z nerezového plechu**

Zdroj: <https://www.rpjl.cz/katalog/logistika/zvedaci-plosiny/vertikalni-dvojite-a-trojite-nuzky/932018-zvedaci-plosina-dvojite-nuzky-nerez-tld1000ss/>

## LOŽNÁ PLOCHA S VÁLEČKY

Další možností jak usnadnit manipulaci s břemenem je osadit ložnou plochu příčnými válečky (Obr. 36). Při tomto řešení, břemeno dosedá na válečky, které svým rotačním pohybem zabezpečí snadné nasunutí nebo sesunutí břemene z ložné plochy. Tato konstrukce vyžaduje aretaci zvedaného břemene, která zabezpečí nežádoucí pohyb, v extrémních případech pád zvedaného břemene.

Toto konstrukční provedení vyžaduje rám ložné plochy. Díky většímu počtu komponentu a složitosti je značně náročnější na cenu výroby a následnou údržbu.



**Obr. 36 – Ložná plocha katafalku s příčnými válečky**

Zdroj: <https://www.austengcc.net.au/wp-content/uploads/2014/02/sacred-heart.jpg>

## 2.4. VARIANTY OVLÁDÁNÍ

Pro ovládání katafalku s vertikálním pohybem je možné použít ovládací prvky, tak jako u běžných zvedacích plošin. Tyto ovládací prvky lze rozdělit na ruční, nožní a dále na mechanická, elektrická, stacionární a dálková, nebo jejich kombinace. Mechanismus ovládacích prvků se liší dle použité pohonné jednotky.

## 2.5. VARIANTY BEZPEČNOSTNÍCH PRVKŮ

Katafalk s vertikálním pohybem lze specifikovat jako zvedací plošinu (plošinový zvedák), která neslouží k dopravě osob, nýbrž pouze k přepravě ostatků. Z tohoto důvodu, by se měl návrh tohoto zvedacího zařízení řídit normou ČSN EN 1570-1+A1. Tato norma udává povinnost vybavit konstrukci zvedací plošiny bezpečnostními prvky, které musí zabránit zranění obsluhy nebo nežádoucímu složení mechanismu [31].

### TLAKOVÉ A OPTICKÉ SENZORY

Tlakový senzor, je bezpečnostní prvek, který je osazen na spodní části ložné plochy (Obr. 37). Tento senzor zabraňuje případnému skřípnutí předmětu pod ložnou plochou. Pokud je na senzor vyvinut tlak, dojde k odpojení elektrického proudu do poháněcí jednotky a tím se zastaví pohyb celého mechanismu.



**Obr. 37 – Ložná plocha katafalku osazena tlakovými senzory**

Zdroj: <http://www.nopo.eu/cz/nuzkove-hydraulicke-zdvihaci-plosiny/>



Optický senzor (Obr. 38) je bezpečnostní prvek, který vypne napájení zvedací plošiny v případě, kdy osoba nebo cizí předmět vnikne do prostoru zařízení. Principem tohoto bezpečnostního prvku je přerušení optického paprsku cizím předmětem v optické bráně.

Velkou výhodou tohoto bezpečnostního zařízení, je možnost vytvořit optické brány kolem celého zařízení. Tyto brány jsou pak schopny vypnout zařízení v případě, kdy se cizí předmět přiblíží do minimální bezpečné vzdálenosti od zařízení [32].



**Obr. 38 – Optické senzory**

Zdroj: [https://files.pepperl-](https://files.pepperl-fuchs.com/webcat/navi/productInfo/doct/doct5457a_eng.pdf?v=11-NOV-19)

[fuchs.com/webcat/navi/productInfo/doct/doct5457a\\_eng.pdf?v=11-NOV-19](https://files.pepperl-fuchs.com/webcat/navi/productInfo/doct/doct5457a_eng.pdf?v=11-NOV-19)

## **ARETACE MECHANISMU**

Aretace mechanismu je bezpečnostní prvek, který má zabezpečit nežádoucí pohyb mechanismu při opravách, nebo údržbě zařízení. Aretace mechanismu je nejčastěji řešena aretačním trnem, který po zasunutí do mechanismu zabrání nežádoucímu pohybu.

## **KRYCÍ MĚCHY**

Krycí měchy jsou jednoduchým a účinným bezpečnostním prostředkem. Měchy, zabráňují vniknutí cizího předmětu do prostoru mechanismu. Zároveň chrání samotný mechanismus proti nežádoucím účinkům vnějšího prostředí. Instalací krycích měchů, lze prodloužit životnost mechanismu.

Krycí měchy se vyrábějí z mnoha materiálů, jako například z kůže, potahované tkaniny nebo pryže [33].

### 3. NADROZMĚRNÁ RAKEV

V dnešní době je možné, nechat si vyrobit rakev na míru v jakékoliv velikosti, musí ale splňovat veškeré požadavky dle norem:

- Obecné a mechanické požadavky a značení rakví ČSN 49 3160-1
- Zvláštní požadavky na kremační rakve ČSN 49 3160-2
- Zvláštní požadavky na rakve do hrobu nebo do hrobky ČSN 49 3160-3

Z těchto výše uvedených norem plyne, že v případě ukládání rakve do hrobu nejsou rozměry omezeny. V případě rakví, které budou spáleny v kremační peci, jsou jejich standardní rozměry stanoveny normou na:

- Délka do 2 200 mm
- Šířka do 720 mm
- Výška včetně nožek do 760 mm
- Výška nožek 60 mm

Dále, je v této normě uvedeno, že krematorium může ve svém provozním řádu stanovit jiné rozměry rakví, odpovídající rozměrům kremační pece.

Výrobci rakví označují standardní rakev o průměrné šířce 700 mm a délce 2000 mm. Vzhledem k značné obezitě dnešní populace, stanovují základní rozměry nadrozměrné rakve pro konstrukční návrh katafalku takto:

- Délka 2 300 mm
- Šířka 1 100 mm
- Výška včetně nožek 960 mm
- Výška nožek 60 mm

## 4. VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ KATAFALKU

Při výběru optimálního konstrukčního řešení katafalku s vertikálním pohybem, беру v úvahu zadané vstupní parametry:

- Nosnost:  $N = 400\text{kg}$
- Výška zdvihu:  $H = 3\text{m}$
- Rychlost zdvihu: volte v rozsahu 0% až 90% jmenovité rychlosti
- Rozměry katafalku: volte s ohledem na manipulaci s nadrozměrnou rakví

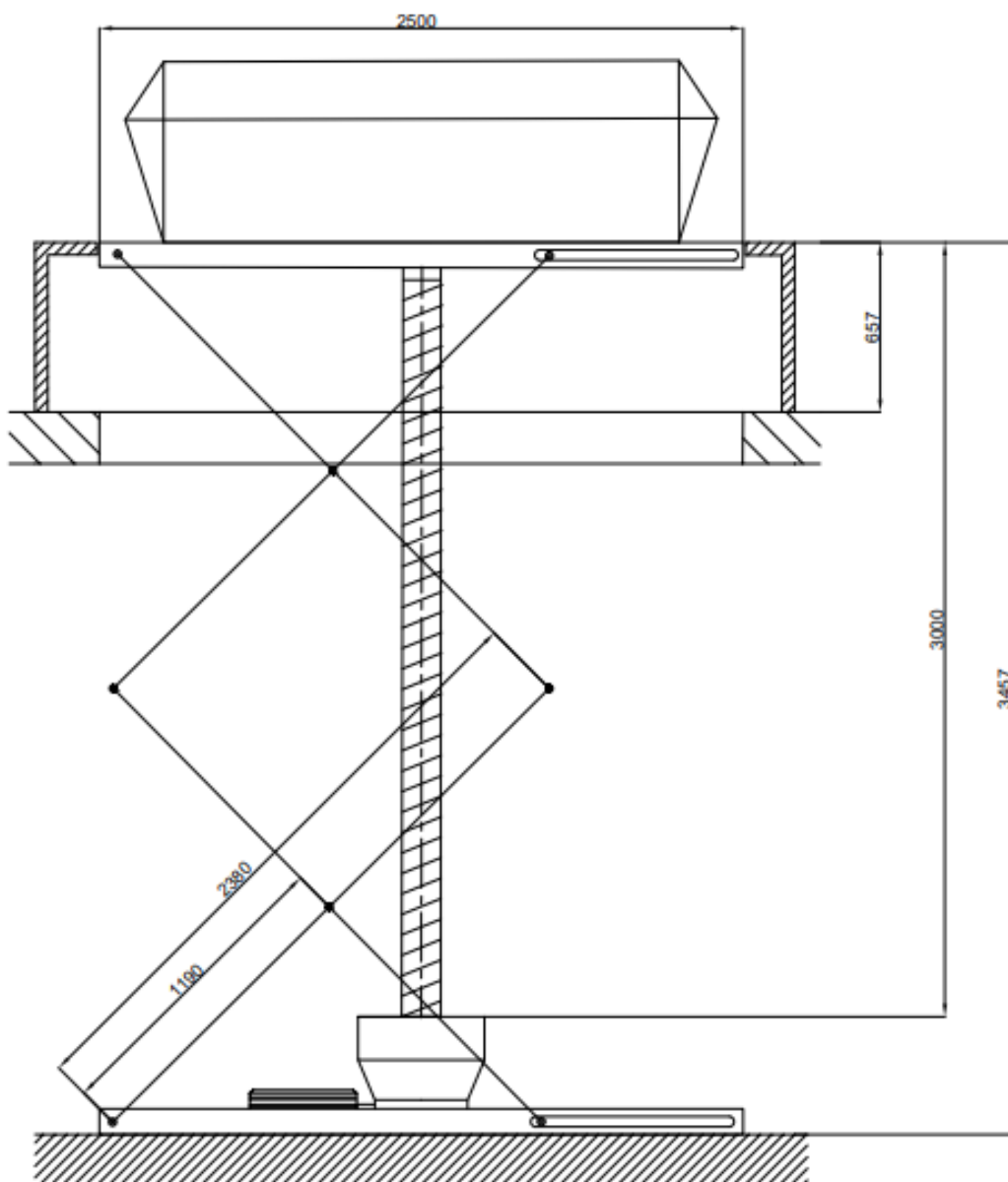
Další parametry, které nejsou stanoveny v zadání bakalářské práce, ale pro optimální výběr konstrukčního řešení jsem si je stanovil:

- Možná zástavba katafalku bez výrazných konstrukčních změn ve více krematoriích.
- Možnost umístění katafalku jak u stěny místnosti, tak ve volném prostoru.
- Možnost umístění rakve na katafalk ze všech stran ložné plochy.

### ZVOLENÉ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Navržené konstrukční řešení (Obr. 39), je založeno na nůžkovém mechanismu, který byl zvolen pro dobrou stabilitu a jednoduchost. Díky tomu, lze plošinu umístit jak u pevné zdi, tak v prostoru. Taktéž dovoluje umístit rakev na ložnou plochu z jakékoliv strany dle zástavby. Konstrukce má jak spodní tak i horní rám. Horní rám je navržen z důvodu možnosti umístění hladké nerezové, nebo dřevěné ložné plochy dle přání zákazníka. Pohonná stanice Spiralfit ND 6 byla zvolena z důvodu integrované převodové skříně a jednoduché mechanické konstrukce. Další z výhod je navržené umístění pohonné stanice v těžišti ložné plochy, kdy při zdvihu je nůžkový mechanismus zatěžován minimální silou.

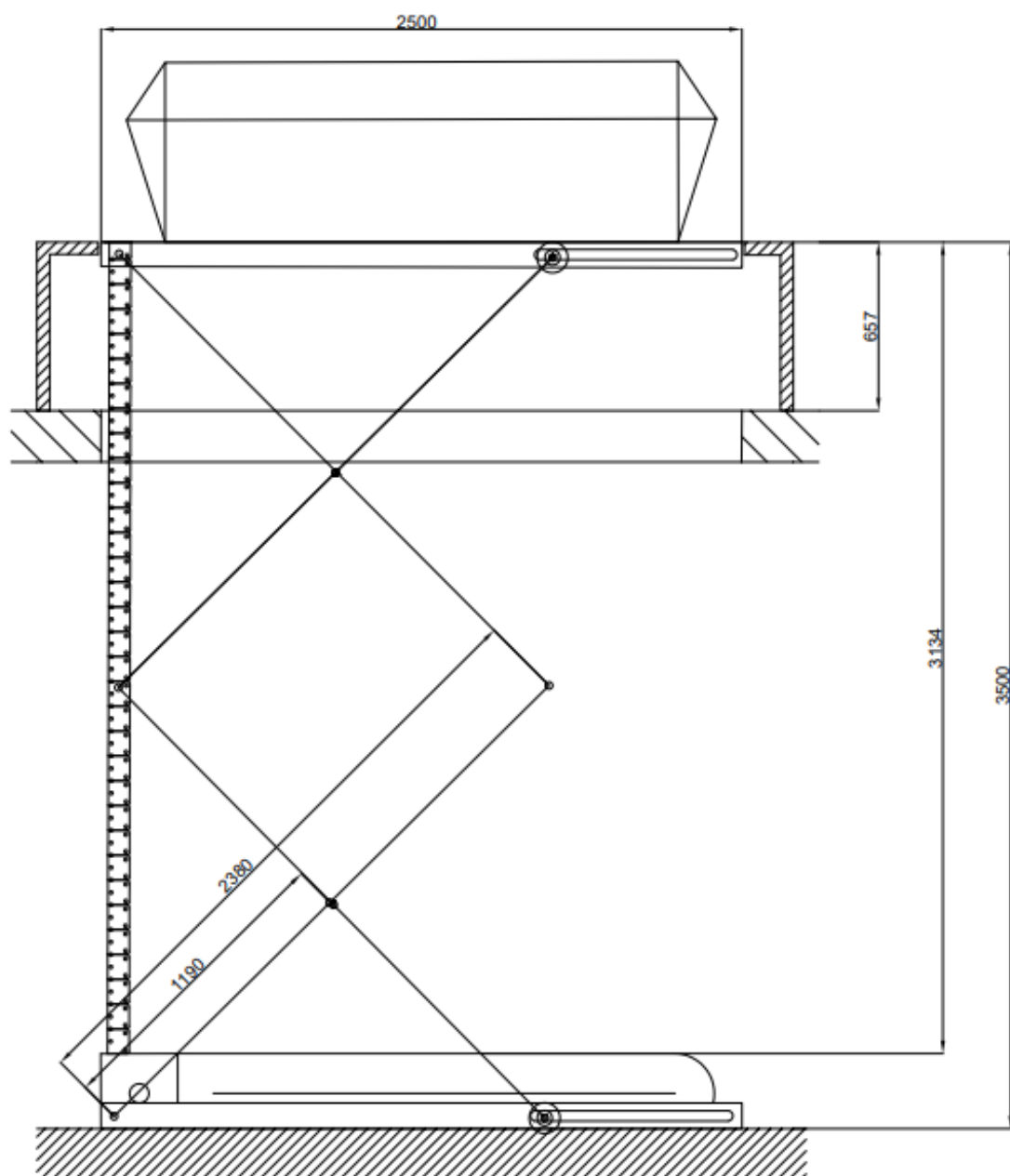
Při podrobnějším návrhu a zkoumání zdrojů, jsem zjistil, že Spiralfit ND 6 požaduje pro svou správnou funkci minimální zatížení bez břemene 700 kg. Tuto informaci jsem konzultoval s obchodním zástupcem firmy PACO Spiralfit panem Lucem Martineauem, který mi doporučil minimální zatížení dodržet. V případě nedodržení této podmínky by mohlo dojít v krajní mezi až ke zhroucení tlačného sloupu. Minimální požadované zatížení je možno vyřešit přidáním zatížením. Toto by však vedlo ke zvýšení nákladů na výrobu a provoz, vzhledem k nutnosti osadit mechanismus silnějším motorem a zesílení dalších komponentů konstrukce. Po zjištění všech informací, jsem tuto pohonnou stanici vyloučil.



**Obr. 39 – Konstrukční řešení katafalku s poháněcí jednotkou Spiralift ND 6**

Při následném konstrukčním návrhu (Obr. 40), byl zachován jak nůžkový mechanismus tak spodní a horní rám. Změna byla provedena pouze u pohonné stanice. Zvolil jsem topořivý řetěz od společnosti Serapid, typového označení LinkLift 50 LL. Se změnou pohonné stanice jsem musel změnit i její umístění, a to na okraj spodního rámu vzhledem k rozměrnému zásobníku.

Po konzultaci s panem Ing. Borou jsme následně upravili návrh horního rámu, a to na příhradový. Tato úprava byla provedena z důvodu větší tuhosti a zamezení průhybu horního rámu.

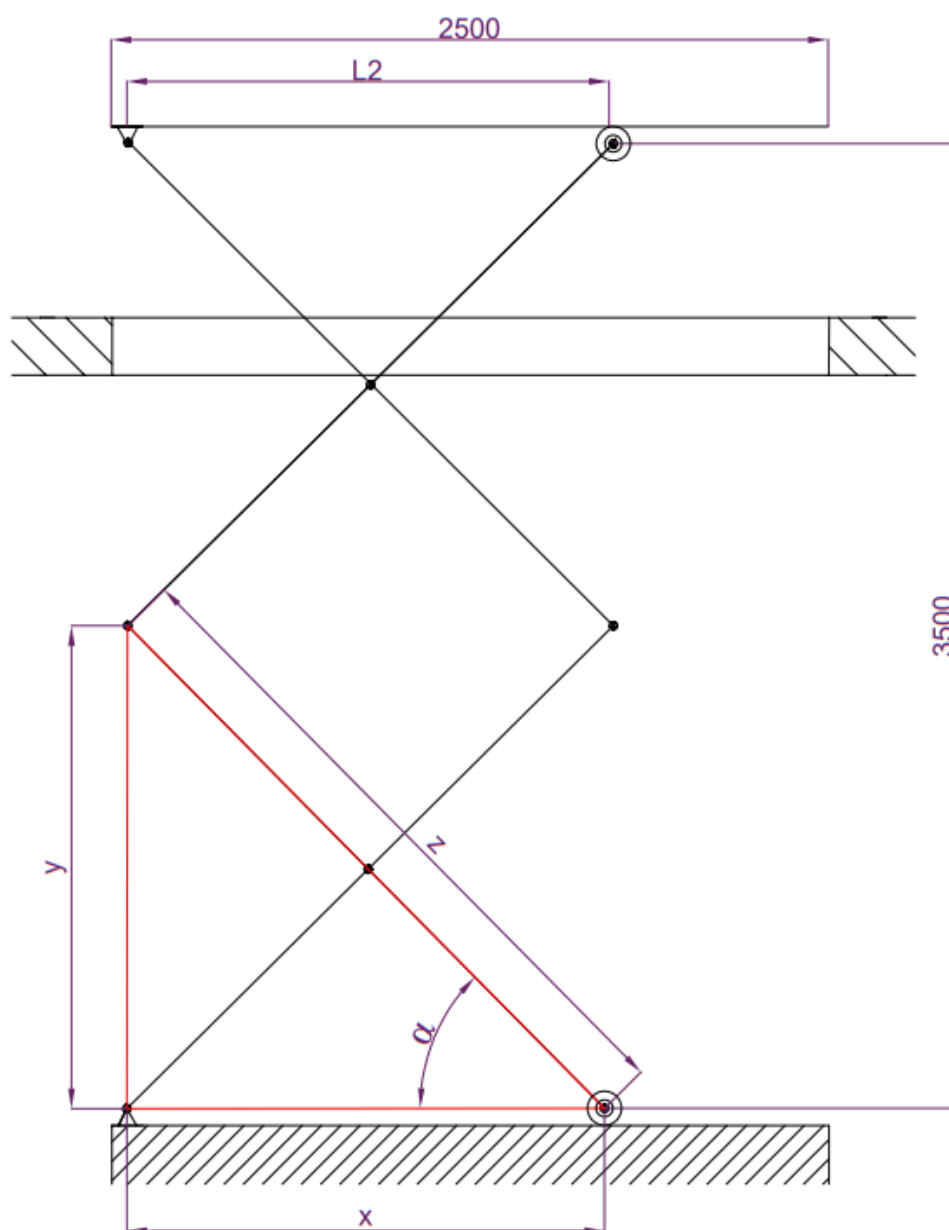


Obr. 40 – Konstrukční řešení katafalku s poháněcí jednotkou LinkLift LL 50

## 5. VÝPOČET ROZMĚRŮ KATAFALKU

Dle stanovených parametrů katafalku a odvozených rozměrů nadrozměrné rakve, jsem provedl výpočty hodnot dalších součástí katafalku.

Výšku dvounůžkového mechanismu (Obr. 41) v horní poloze jsem zvolil na 3500 mm a to z důvodu, aby bylo dosaženo požadovaného zdvihu 3000 mm, vzhledem k použité pohonné stanici LINKLIFT LL 50. Její zástavbová výška činí 366 mm. Výšku mechanismu ve složeném stavu (Obr. 42), jsem navrhnul na 500 mm. Délku ložné plochy s ohledem na velikost nadrozměrné rakve volím 2500 mm.



Obr. 41 – Schéma katafalku v horní poloze

Pro následné výpočty byla zvolena délka ramen na 2380 mm, s ohledem na délku ložné plochy, umístění čepů a délky pohybu válivého uložení.

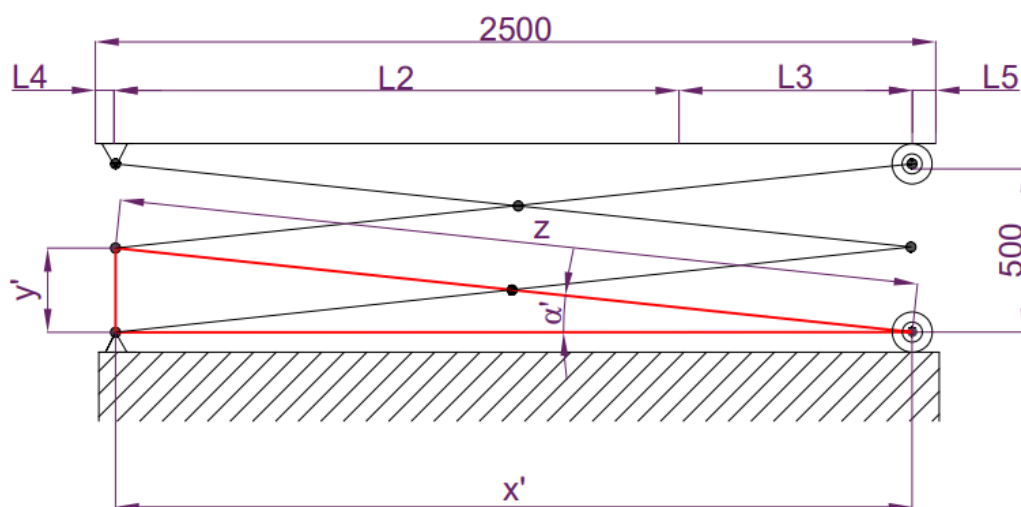
$$x = L2 \quad y = 1750 \text{ mm} \quad z = 2380 \text{ mm}$$

$$z^2 = x^2 + y^2 \Rightarrow L2 = \sqrt{z^2 - y^2} = \sqrt{2380^2 - 1750^2} = 1613 \text{ mm} \quad (1)$$

$$\sin \alpha = \frac{y}{z} \Rightarrow \alpha = \arcsin\left(\frac{y}{z}\right) \quad (2)$$

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{1750}{2380}\right) = 47^\circ$$

Kde  $x$  vzdálenost mezi čepy v horní poloze mechanismu [mm]  
 $y$  polovina výšky mezi spodním a horním čepem v horní poloze mechanismu [mm]  
 $z$  délky ramene mechanismu [mm]  
 $L2$  vzdálenost mezi horními čepy při horní poloze mechanismu [mm]  
 $\alpha$  velikost úhlu ramen vůči spodnímu rámu při horní poloze mechanismu [°]



Obr. 42 – Schéma katafalku v dolní poloze

$$\sin \alpha' = \frac{y'}{z} \Rightarrow \alpha' = \arcsin\left(\frac{y'}{z}\right) \quad (3)$$

$$\alpha' = \arcsin\left(\frac{250}{2380}\right) = 6^\circ$$

$$z^2 = x'^2 + y'^2 \Rightarrow x' = \sqrt{z^2 - y'^2} = \sqrt{2380^2 - 250^2} = 2367 \text{ mm} \quad (4)$$

$$L3 = x' - L2 = 2367 - 1613 = 754 \text{ mm} \quad (5)$$

$$L4 = L5 = \frac{2500 - x'}{2} = \frac{2500 - 2367}{2} = 66,5 \text{ mm} \quad (6)$$

- Kde  $L3$  vzdálenost posuvného uložení mezi horní a dolní polohou mechanismu [mm]  
 $L4, L5$  vzdálenost uložení ramen od okraje horního a dolního rámu v dolní poloze mechanismu [mm]  
 $x^{\circ}$  vzdálenosti mezi čepy ve spodní poloze mechanismu [mm]  
 $y^{\circ}$  polovina minimální výšky nůžkového mechanismu ve spodní poloze [mm]  
 $\alpha^{\circ}$  velikost úhlu ramen vůči spodnímu rámu ve spodní poloze mechanismu [°]

## 5.1. VÝPOČET TĚŽIŠTĚ ZATÍŽENÉ LOŽNÉ PLOCHY

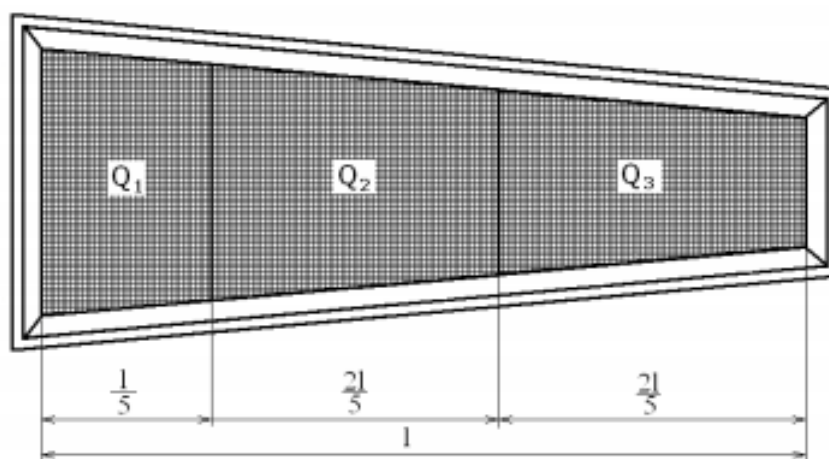
Při volbě rozložení zatížení ložné plochy můžeme vycházet z normy ČSN 49 3160-1 Rakve – Obecné a mechanické požadavky a značení. Tato norma udává statickou zkoušku spodního dílu rakve, z které se dá vycházet pro stanovení zatížení na ložné ploše. Toto rozložení bude platné za předpokladu, že nebudou u rakve použity nožičky.

Dle této normy je zatížení dna rakve při statické zkoušce rozděleno na tři části, na délce rakve  $l$  (Obr. 43). Tato norma udává velikost zatížení daných částí:

- $Q_1 = 6,7 \%$  celkového zatížení rakve na délce  $\frac{l}{5}$  (7)

- $Q_2 = 76,6 \%$  celkového zatížení rakve na délce  $\frac{2l}{5}$  (8)

- $Q_3 = 16,7 \%$  celkového zatížení rakve na délce  $\frac{2l}{5}$  (9)



**Obr. 43 – Rozložení zatížení spodního dílu rakve při statické zkoušce**

*Zdroj: Norma ČSN 49 3160-1*

Nadrozměrné rakve se vyrábějí převážně v obdélníkovém tvaru, z tohoto důvodu při výpočtu vycházíme ze třech obdélníkových částí, které zatíží ložnou plochu (Obr. 44).



## ZATÍŽENÍ LOŽNÉ PLOCHY

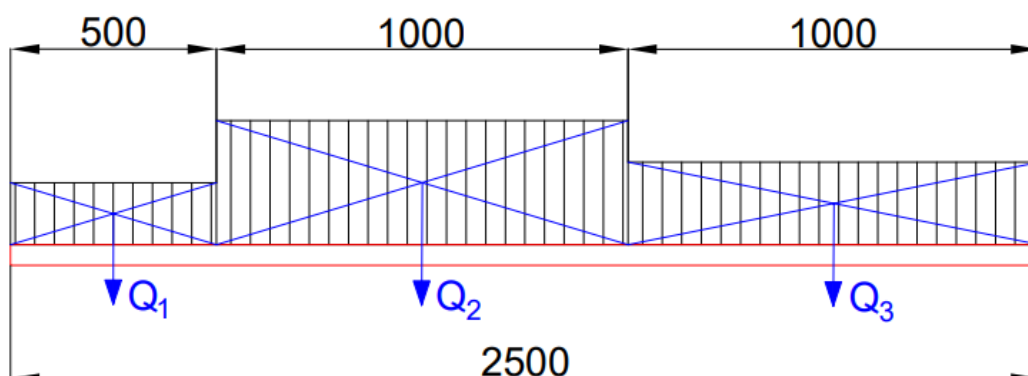
$$F = m \cdot g = 400 \cdot 9,81 = 3924 \text{ N} \quad (10)$$

## ZATÍŽENÍ JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ LOŽNÉ PLOCHY

$$Q_1 = F_1 = (3924 \div 100) \cdot 6,7 = 262,9 \text{ N} \quad (11)$$

$$Q_2 = F_2 = (3924 \div 100) \cdot 76,6 = 3005,8 \text{ N} \quad (12)$$

$$Q_3 = F_3 = (3924 \div 100) \cdot 16,7 = 655,3 \text{ N} \quad (13)$$



Obr. 44 – Rozložení zatížení na ložné ploše

## VÝPOČET TĚŽIŠTĚ LOŽNÉ PLOCHY PŘI ZATÍŽENÍ

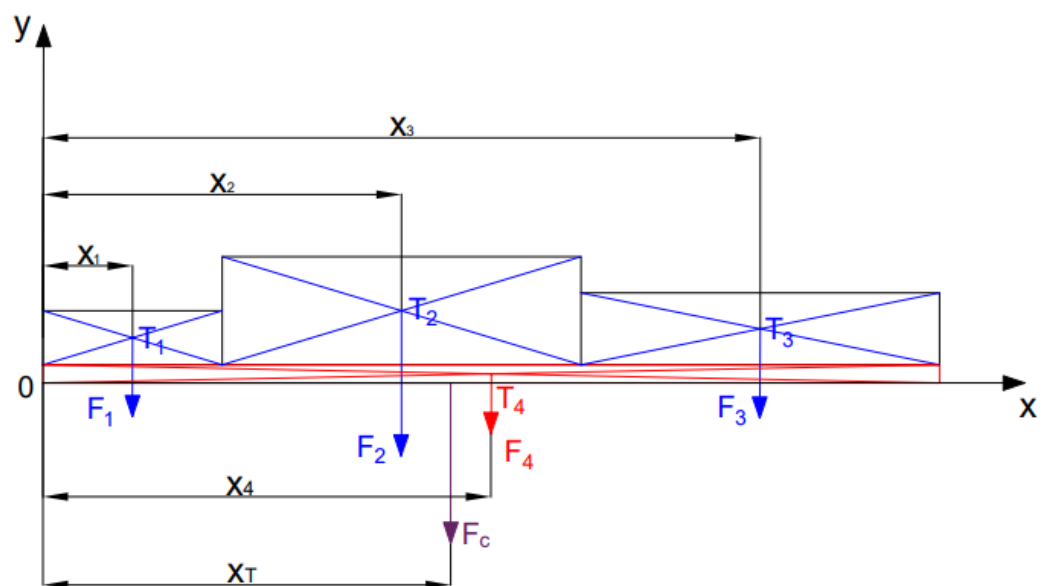
Při výpočtu těžiště (Obr. 45) vycházíme ze zatížení břemenem a samotné hmotnosti ložné plochy. Hmotnost ložné plochy jsem dle navržené konstrukce z obdélníkových profilů TR OBD 90x70x 5, jejíž hmotnost činí 11,4 kg/m, a dále TR OBD 40 x 40 x 3, jejíž hmotnost činí 3,22 kg/m a TR OBD 40 x 30 x 3, jejíž hmotnost činí 2,919 kg/m, vypočítal na 150 kg.

$$F_4 = 150 \cdot 9,81 = 1471,5 \text{ N} \quad (14)$$

$$F_c = F + F_4 = 3924 + 1471,5 = 5395,5 \text{ N} \quad (15)$$

$$X_T = \frac{F_1 \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2 + F_3 \cdot x_3 + F_4 \cdot x_4}{F_c} \quad (16)$$

$$X_T = \frac{262,9 \cdot 250 + 3005,8 \cdot 1000 + 655,3 \cdot 2000 + 1471,5 \cdot 1250}{5395,5} = 1153 \text{ mm}$$



Obr. 45 – Schéma těžiště zatížené ložné plochy

## 6. FUNKČNÍ A PEVNOSTNÍ VÝPOČET ZAŘÍZENÍ

Katafalk je navrhován se symetrickou konstrukcí, za tohoto předpokladu můžeme převést mechanismus katafalku (nůžkový mechanismus) na rovinnou úlohu. Tímto budou kolmé síly na tuto konstrukci zanedbány.

### VOLBA ZATÍŽENÍ A JEHO UMÍSTĚNÍ

Norma ČSN EN 1570-1+A1, která udává bezpečnostní požadavky na zvedací plošiny, neuvádí, ve kterém místě máme plošinu zatěžovat. Tato norma stanovuje, že plošina musí být stabilní jak v klidové poloze, tak i za pohybu.

Katafalk je určen k specifickému úkolu a proto, můžeme předpokládat, že zatížení ložné plochy bude vždy rozloženo přibližně stejným způsobem, viz kapitola 5.1.

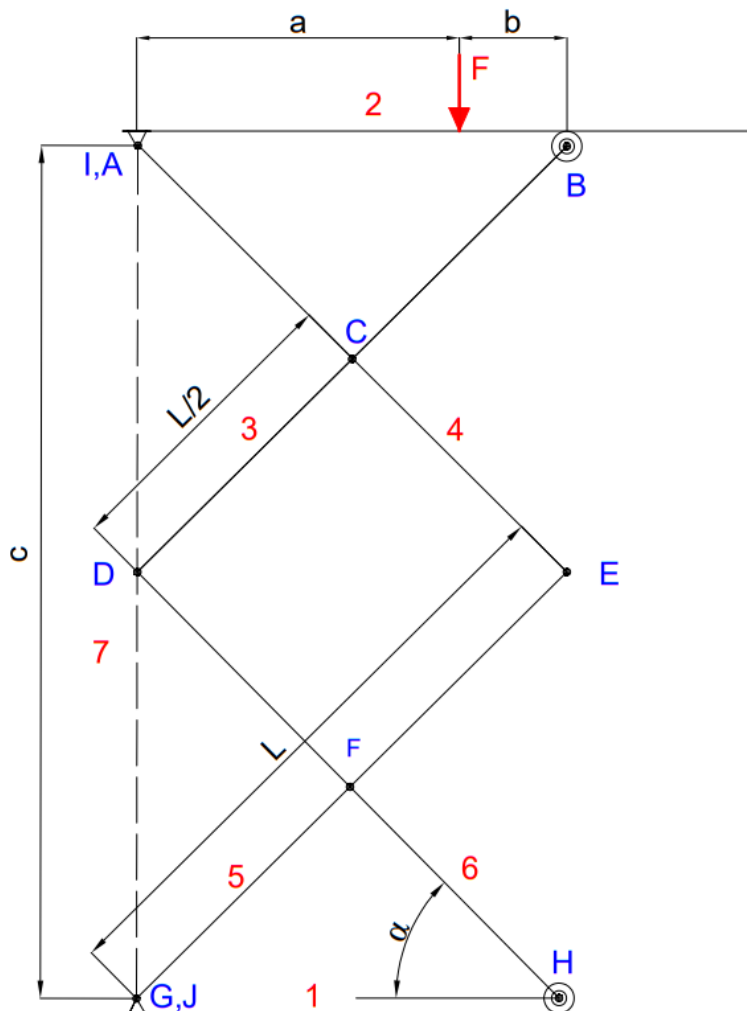
### VELIKOST ZATÍŽENÍ

Nosnost katafalku musí být dle zadání 400 kg. Úloha bude řešena, jako rovinná. Tedy jedna strana nůžkového mechanismu, bude zatížena silou, která se rovná zatížení poloviny požadované nosnosti a dále poloviny předpokládané váhy samotné ložné plochy.

$$F_5 = \frac{F_c}{2} = \frac{5395.5}{2} = 2697,75 \text{ N} \quad (17)$$

## 6.1. STATICKÉ ŘEŠENÍ KATAFALKU

Statická úloha je řešená jako rovinná (Obr. 46) v horní poloze, a následně úpravou parametrů ve spodní poloze.



Obr. 46 – Schéma katafalku v horní poloze

Horní poloha:

$$a = 1153 \text{ mm}$$

$$b = 460 \text{ mm}$$

$$c = 3500 \text{ mm}$$

$$L = 2380 \text{ mm}$$

$$\frac{L}{2} = 1190 \text{ mm}$$

$$\alpha = 47^\circ$$

Dolní poloha:

$$a = 1153 \text{ mm}$$

$$b' = 1214 \text{ mm}$$

$$c' = 500 \text{ mm}$$

$$L = 2380 \text{ mm}$$

$$\frac{L}{2} = 1190 \text{ mm}$$

$$\alpha' = 6^\circ$$

## KLASIFIKACE ČLENU

Člen 1 – základní rám

Člen 2 – plošina katafalku

Člen 3 – rameno nůžkového mechanismu

Člen 4 – rameno nůžkového mechanismu

Člen 5 – rameno nůžkového mechanismu

Člen 6 – rameno nůžkového mechanismu

Člen 7 – přímočarý akční člen

## KLASIFIKACE VAZEB

A, C, D, E, F, G, I, J – Kloubová vazba pevná

B, H - Obecné vazby (válivé vazby nahrazeny obecnými vazbami pro zjednodušení výpočtu)

## POČET STUPŇŮ VOLNOSTI

Celá soustava má sedm členů, a to plošinu, čtyři ramena, přímočarý akční člen (LinkLift LL50) a základní rám. Základní rám, se ze soustavy odečítá. Vzhledem k tomu, že tuto úlohu řešíme jakožto rovinnou, počet stupňů volnosti těles v rovině je tři a to v ose x, y, a úhlu natočení tělesa. Jednotlivé vazby odebírají určitý počet stupňů volnosti, a to kloubová vazba pevná (A, C, D, E, F, G, I, J) která odebírá dva stupně volnosti a obecná vazba (B, H) která odebírá jeden stupeň volnosti. V této řešené úloze předpokládám, že vazby nebudou omezovat deformaci [34, 35].

$$i = (n_s - 1) \cdot i_v - (\sum \xi_i - \eta) \quad (18)$$

$$i = (7 - 1) \cdot 3 - (18 - 0)$$

$$i = 0$$

$i$  – počet stupňů volnosti soustavy

$n_s$  – počet členů soustavy

$i_v$  – počet stupňů volnosti tělesa v rovině

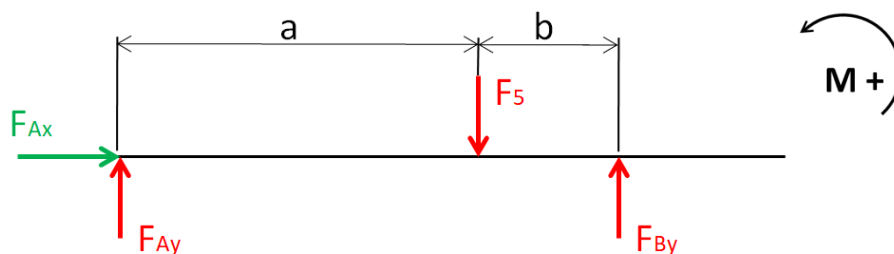
$\xi_i$  – počet stupňů volnosti odebraných vazbou

$\eta$  – počet předpokládaných deformačních parametrů

Výpočet dle [34, 35].

### 6.1.1. ÚPLNÉ UVOLNĚNÍ JEDNOTLIVÝCH TĚLES SOUSTAVY

#### ČLEN 2 – PLOŠINA KATAFALKU



Obr. 47 – Uvolnění tělesa 2

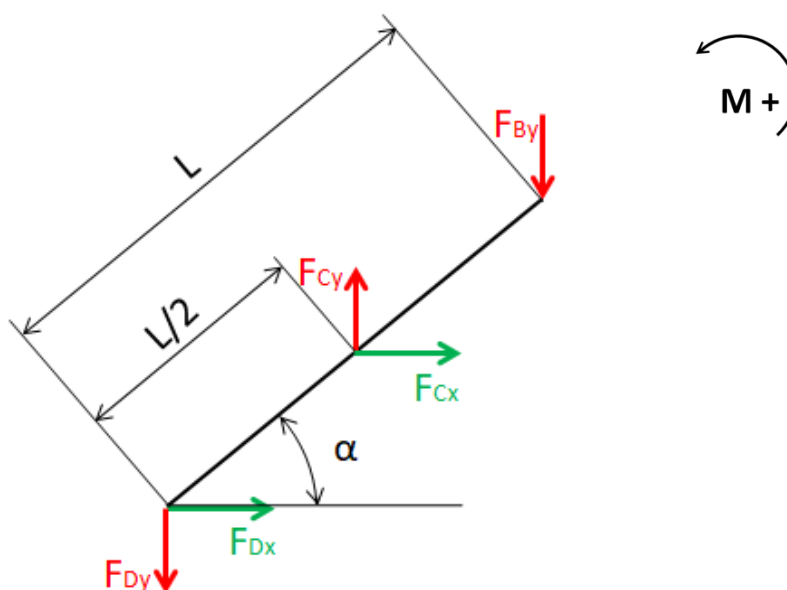
Podmínky statické rovnováhy:

$$\sum F_{ix} = 0 \quad F_{Ax} = 0 \quad (19)$$

$$\sum F_{iy} = 0 \quad F_{Ay} - F_5 + F_{By} = 0 \quad (20)$$

$$\sum M_{iA} = 0 \quad F_{By} \cdot (a + b) - F_5 \cdot a = 0 \quad (21)$$

#### ČLEN 3 – RAMENO NŮŽKOVÉHO MECHANISMU



Obr. 48 – Uvolnění tělesa 3

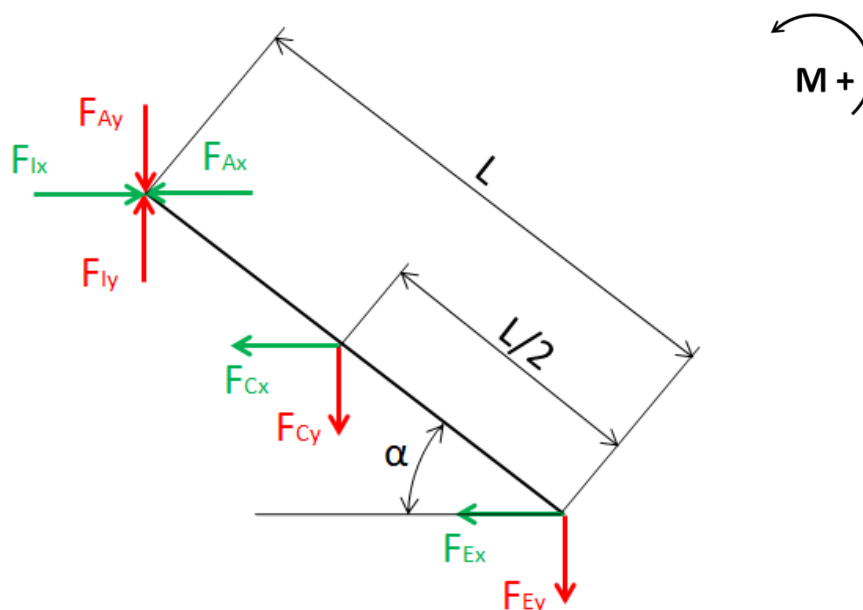
Podmínky statické rovnováhy:

$$\sum F_{ix} = 0 \quad -F_{Dx} - F_{Cx} = 0 \quad (22)$$

$$\sum F_{iy} = 0 \quad F_{Cy} - F_{By} - F_{Dy} = 0 \quad (23)$$

$$\sum M_{iD} = 0 \quad -F_{By} \cdot \cos\alpha \cdot L + F_{Cy} \cdot \cos\alpha \cdot \frac{L}{2} - F_{Cx} \cdot \sin\alpha \cdot \frac{L}{2} = 0 \quad (24)$$

#### ČLEN 4 – RAMENO NŮŽKOVÉHO MECHANISMU



Obr. 49 – Uvolnění tělesa 4

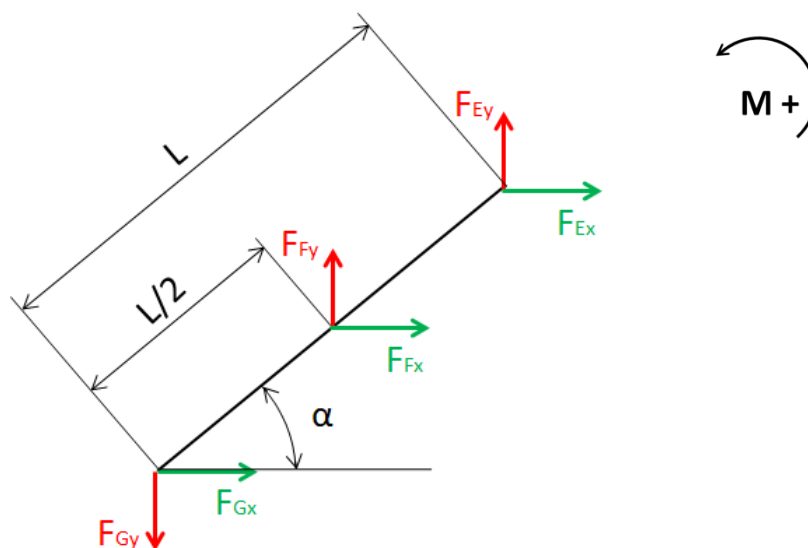
Podmínky statické rovnováhy:

$$\sum F_{ix} = 0 \quad F_{Ix} - F_{Ax} - F_{Cx} - F_{Ex} = 0 \quad (25)$$

$$\sum F_{iy} = 0 \quad -F_{Ay} - F_{Cy} - F_{Ey} + F_{Iy} = 0 \quad (26)$$

$$\sum M_{iE} = 0 \quad F_{Cy} \cdot \cos\alpha \cdot \frac{L}{2} + F_{Ay} \cdot \cos\alpha \cdot L + F_{Cx} \cdot \sin\alpha \cdot \frac{L}{2} - F_{Iy} \cdot \cos\alpha \cdot L - F_{Ix} \cdot \sin\alpha \cdot L = 0 \quad (27)$$

## ČLEN 5 – RAMENO NŮŽKOVÉHO MECHANISMU



Obr. 50 – Uvolnění tělesa 5

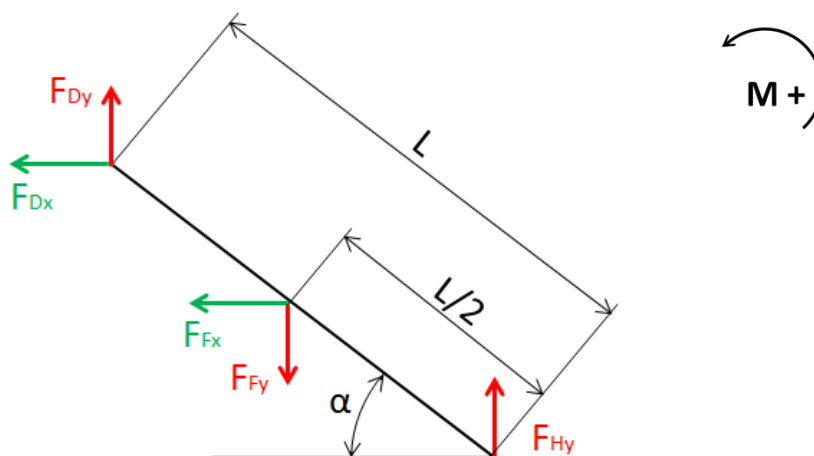
Podmínky statické rovnováhy:

$$\sum F_{ix} = 0 \quad -F_{Gx} - F_{Fx} - F_{Ex} = 0 \quad (28)$$

$$\sum F_{iy} = 0 \quad -F_{Gy} + F_{Fy} + F_{Ey} = 0 \quad (29)$$

$$\sum M_{iG} = 0 \quad F_{Fy} \cdot \cos \alpha \cdot \frac{L}{2} + F_{Ey} \cdot \cos \alpha \cdot L - F_{Fx} \cdot \sin \alpha \cdot \frac{L}{2} - F_{Ex} \cdot \sin \alpha \cdot L = 0 \quad (30)$$

## ČLEN 6 – RAMENO NŮŽKOVÉHO MECHANISMU



Obr. 51 – Uvolnění tělesa 6



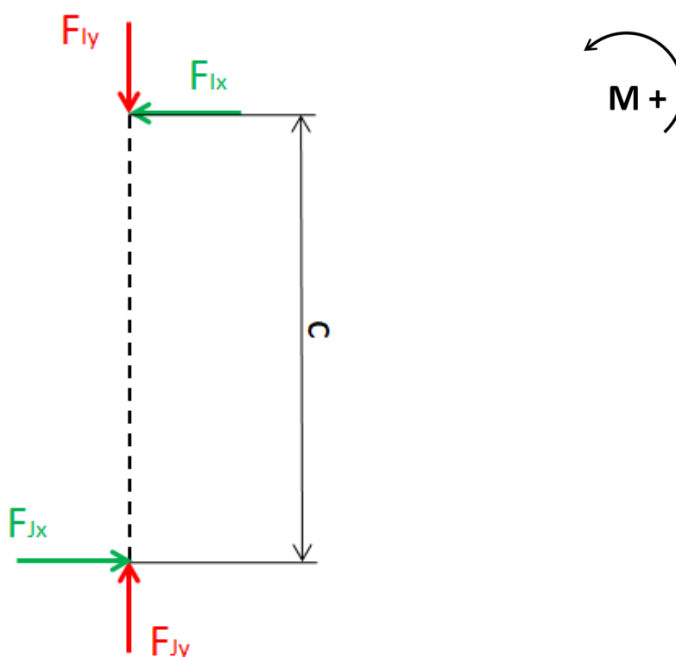
Podmínky statické rovnováhy:

$$\sum F_{ix} = 0 \quad -F_{Dx} - F_{Fx} = 0 \quad (31)$$

$$\sum F_{iy} = 0 \quad F_{Dy} + F_{Hy} - F_{Fy} = 0 \quad (32)$$

$$\sum M_{iH} = 0 \quad -F_{Dy} \cdot \cos\alpha \cdot L + F_{Fy} \cdot \cos\alpha \cdot \frac{L}{2} + F_{Dx} \cdot \sin\alpha \cdot L + F_{Fx} \cdot \sin\alpha \cdot \frac{L}{2} = 0 \quad (33)$$

## ČLEN 7 – PŘÍMOČARÝ AKČNÍ ČLEN



Obr. 52 – Uvolnění tělesa 7

Podmínky statické rovnováhy:

$$\sum F_{ix} = 0 \quad F_{Jx} - F_{Ix} = 0 \quad (34)$$

$$\sum F_{iy} = 0 \quad -F_{Iy} + F_{Jy} = 0 \quad (35)$$

$$\sum M_{iA} = 0 \quad F_{Ix} \cdot c = 0 \quad (36)$$

### 6.1.2. STATICKÝ ROZBOR

#### POČET NEZNÁMÝCH PARAMETRŮ

$$NP = \{F_{Ax}, F_{Ay}, F_{By}, F_{Cx}, F_{Cy}, F_{Dx}, F_{Dy}, F_{Ex}, F_{Ey}, F_{Fx}, F_{Fy}, F_{Gx}, F_{Gy}, F_{Hx}, F_{Hy}, F_{Ix}, F_{Iy}, F_{Jx}, F_{Jy}\}$$

$$\mu = \mu_F + \mu_M = 18 + 0 = 18 \quad (37)$$

$\mu_F$  – počet neznámých parametrů silových

$\mu_M$  – počet neznámých parametrů momentových

#### POČET POUŽITELNÝCH PODMÍNEK STATICKÉ ROVNOVÁHY

$$v = v_F + v_M = 6 \cdot 2 + 6 \cdot 1 = 18 \quad (38)$$

$v_F$  – počet použitelných podmínek silových

$v_M$  – počet použitelných podmínek momentových

#### PODMÍNKY STATICKÉ URČITOSTI

$$\mu = v \quad (39)$$

$$18 = 18$$

$$\mu_M + \mu_r \leq v_M \quad (40)$$

$\mu_r$  – počet neznámých poloh působení sil

$$0 + 0 \leq 6$$

Podmínky statické určitosti byly splněny, úloha je staticky určitá.

Výpočet dle [34, 35].

### 6.1.3. ŘEŠENÍ SOUSTAVY LINEÁRNÍCH ROVNIC

Rovnice statické rovnováhy vyplývající z uvolnění všech těles byly řešeny maticovou metodou za využití programu Matlab .

$$A \cdot x = b_v \quad (41)$$

$A$  – matice soustavy lineárních rovnic

$x$  – vektor neznámých

$b_v$  – vektor pravých stran

$$x^T = \{F_{Ax}, F_{Ay}, F_{By}, F_{Cx}, F_{Cy}, F_{Dx}, F_{Dy}, F_{Ex}, F_{Ey}, F_{Fx}, F_{Fy}, F_{Gx}, F_{Gy}, F_{Hy}, F_{Ix}, F_{Iy}, F_{Jx}, F_{Jy}\}$$

$$b^T = \{0, F_5, F_5 \cdot a, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$$

## MATICE PRO HORNÍ A DOLNÍ POLOHU

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a+b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -L \cdot \cos \alpha & -L/2 \cdot \sin \alpha & L/2 \cdot \cos \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & L \cdot \cos \alpha & 0 & L/2 \cdot \sin \alpha & L/2 \cdot \cos \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -L \cdot \sin \alpha & -L \cdot \cos \alpha & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & -1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -L \cdot \sin \alpha & L \cdot \cos \alpha & -L/2 \cdot \sin \alpha & L/2 \cdot \cos \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & L \cdot \sin \alpha & -L \cdot \cos \alpha & 0 & 0 & L/2 \cdot \sin \alpha & L/2 \cdot \cos \alpha & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

## VÝSLEDNÉ HODNOTY

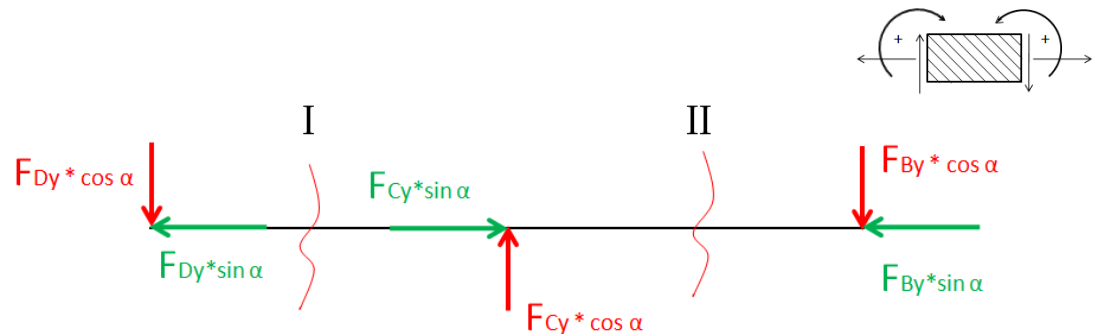
	Velikost sil v [N] Horní poloha	Velikost sil v [N] Spodní polohy		Velikost sil v [N] Horní poloha	Velikost sil v [N] Spodní polohy
<b>F<sub>Ax</sub></b>	0	0	<b>F<sub>Fx</sub></b>	0	0
<b>F<sub>Ay</sub></b>	769,4	1383,7	<b>F<sub>Fy</sub></b>	3856,8	2628,2
<b>F<sub>By</sub></b>	1928,4	1314,1	<b>F<sub>Gx</sub></b>	0	0
<b>F<sub>Cx</sub></b>	0	0	<b>F<sub>Gy</sub></b>	1928,4	1314,1
<b>F<sub>Cy</sub></b>	3856,8	2628,2	<b>F<sub>Hy</sub></b>	1928,4	1314,1
<b>F<sub>Dx</sub></b>	0	0	<b>F<sub>Ix</sub></b>	0	0
<b>F<sub>Dy</sub></b>	1928,4	1314,1	<b>F<sub>Iy</sub></b>	2697,8	2697,8
<b>F<sub>Ex</sub></b>	0	0	<b>F<sub>Jx</sub></b>	0	0
<b>F<sub>Ey</sub></b>	-1928,4	-1314,1	<b>F<sub>Jy</sub></b>	2697,8	2697,8

**Tab. 1 – Síly ve vazbách**

#### 6.1.4. VÝSLEDNÉ VNITŘNÍ ÚČINKY

Výsledné vnitřní účinky byly získány z tělesa 3 a 4 (ramena nůžkového mechanismu), které jsou v horní poloze katafalku zatěžovány největšími silami. Výsledné vnitřní účinky těles 5 a 6 jsou stejné, vzhledem k symetrii ramen a jejich poloh.

#### TĚLESO 3



Obr. 53 – Síly působící na těleso 3

#### NORMÁLOVÉ SÍLY

$$N_I = F_{Dy} \cdot \sin \alpha = 1928,4 \cdot \sin 47^\circ = 1410,34 \text{ N} \quad (42)$$

$$N_{II} = -F_{By} \cdot \sin \alpha = 1928,4 \cdot \sin 47^\circ = -1410,34 \text{ N} \quad (43)$$

#### POSOUVAJÍCÍ SÍLY

$$T_I = -F_{Dy} \cdot \cos \alpha = -1928,4 \cdot \cos 47^\circ = -1315,17 \text{ N} \quad (44)$$

$$T_{II} = -F_{Dy} \cdot \cos \alpha + F_{Cy} \cdot \cos \alpha = -1928,4 \cdot \cos 47^\circ + 3856,8 \cdot \cos 47^\circ = 1315,17 \text{ N} \quad (45)$$

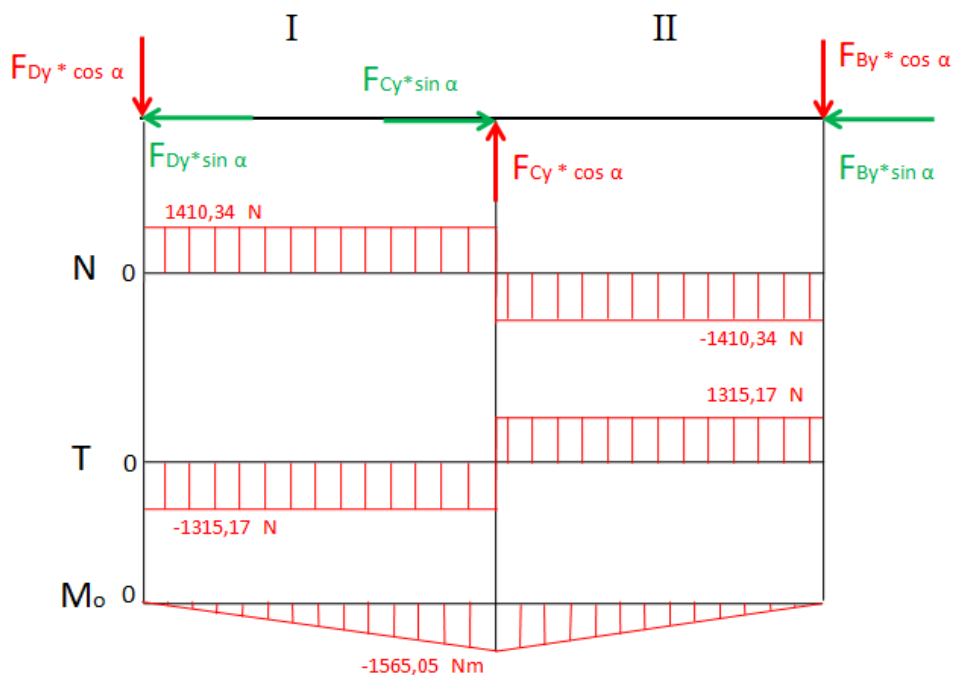
#### OHYBOVÝ MOMENT

$$M_{oI} = -F_{Dy} \cdot \cos \alpha \cdot x \quad x \in \langle 0; 1,19 \rangle \quad (46)$$

$$M_{oI} = -1928,4 \cdot \cos 47^\circ \cdot 1,19 = -1565,05 \text{ Nm}$$

$$M_{oII} = -F_{By} \cdot \cos \alpha \cdot x \quad x \in \langle 0; 1,19 \rangle \quad (47)$$

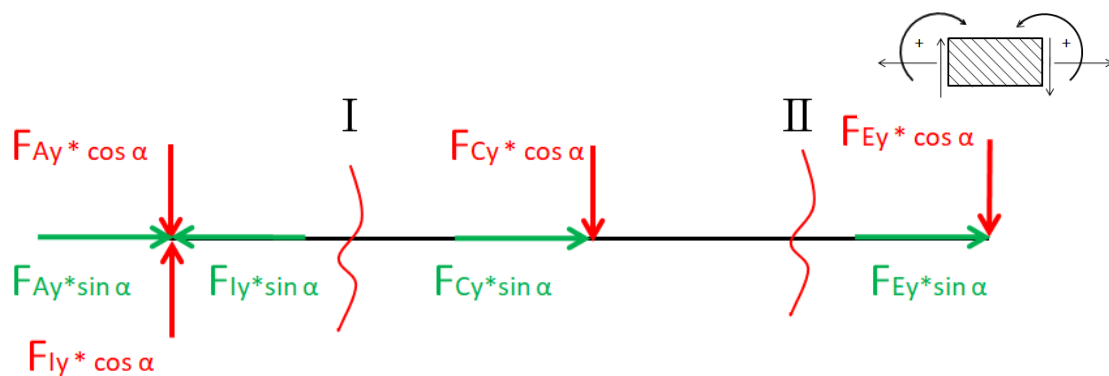
$$M_{oII} = -1928,4 \cdot \cos 47^\circ \cdot 1,19 = -1565,05 \text{ Nm}$$



Obr. 54 – Průběh sil v tělese 3

Výpočet dle [34, 35].

#### TĚLESO 4



Obr. 55 – Síly působící na těleso 4

#### NORMÁLOVÉ SÍLY

$$N_I = F_{Iy} \cdot \sin \alpha - F_{Ay} \cdot \sin \alpha = 2697,8 \cdot \sin 47^\circ - 769,4 \cdot \sin 47^\circ = 1410,34 \text{ N} \quad (48)$$

$$N_{II} = F_{Ey} \cdot \sin \alpha = -1928,4 \cdot \sin 47^\circ = -1410,34 \text{ N} \quad (49)$$

## POSOUBAJÍCÍ SÍLY

$$T_I = -F_{Ay} \cdot \cos \alpha + F_{Iy} \cdot \cos \alpha = -769,4 \cdot \cos 47^\circ + 2697,8 \cdot \cos 47^\circ = 1315,17 \text{ N} \quad (50)$$

$$T_{II} = -F_{Ey} \cdot \cos \alpha = -1928,4 \cdot \cos 47^\circ = -1315,17 \text{ N} \quad (51)$$

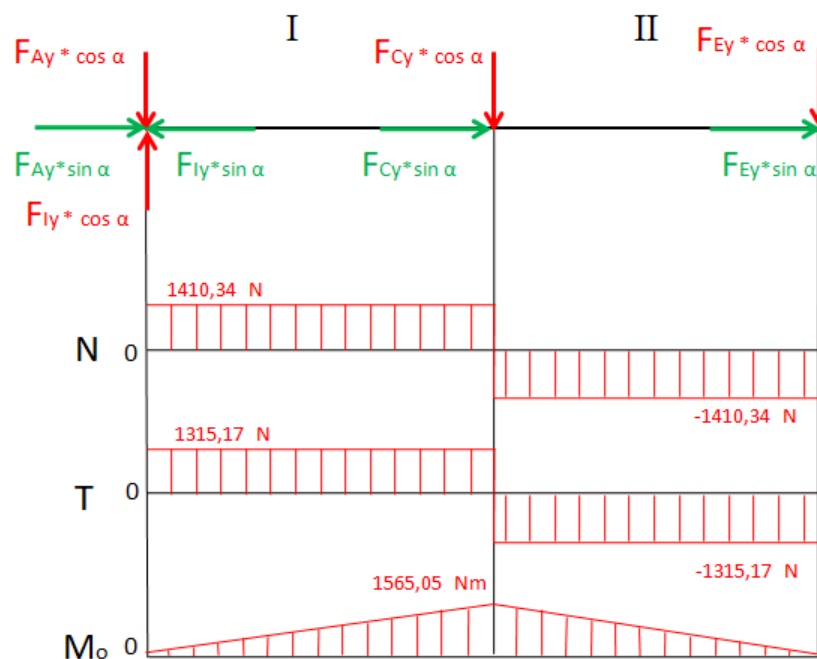
## OHYBOVÝ MOMENT

$$M_{oI} = -F_{Ay} \cdot \cos \alpha \cdot x + F_{Iy} \cdot \cos \alpha \cdot x \quad x \in \langle 0; 1,19 \rangle \quad (52)$$

$$M_{oI} = -769,4 \cdot \cos 47^\circ \cdot 1,19 + 2697,8 \cdot \cos 47^\circ \cdot 1,19 = 1565,05 \text{ Nm}$$

$$M_{oII} = -(-F_{Ey}) \cdot \cos \alpha \cdot x \quad x \in \langle 0; 1,19 \rangle \quad (53)$$

$$M_{oII} = 1928,4 \cdot \cos 47^\circ \cdot 1,19 = 1565,05 \text{ Nm}$$

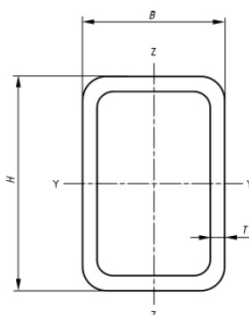


Obr. 56 – Průběh sil v tělese 4

Výpočet dle [34, 35].

## 6.2. VOLBA PROFILU A PEVNOSTNÍ KONTROLA RAMEN

Pro profil ramene nůžkového mechanismu, jsem zvolil obdélníkovou trubku svařovanou, o rozměrech TR OBD 80 x 40 x 5, z materiálu S235JRH (1.0039) dle EN 10219-1 (Obr. 57).



Obr. 57 – Obdélníková trubka

Zdroj: <https://online.ferona.cz/detail/44061/profil-duty-svarovany-cerny-s-obdelnikovym-prurezem-en-10219-rozmer-80x40x5>

H <sub>p</sub> [mm]	B <sub>p</sub> [mm]	T[mm]	S [mm <sup>2</sup> ]	W <sub>o</sub> [mm <sup>3</sup> ]	m [kg/m]
80	40	5	1036	18780	7,89

Tab. 2 – hodnoty pro příčný průřez profilu [36]

### KONTROLA NA OHYB

$$\sigma_{o\,Dov} = \frac{R_e}{k} = \frac{235}{2} = 117,5 \text{ MPa} \quad (54)$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \quad (55)$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{1565050}{18780} = 83,34 \text{ MPa}$$

$$\sigma_o \leq \sigma_{o\,Dov} \quad (56)$$

$$83,34 < 117,5 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$\sigma_o$  – napětí v ohybu

$\sigma_{o\,Dov}$  – dovolené napětí v ohybu

k – bezpečnostní koeficient [37]

$R_e$  – mez kluzu v tahu pro materiál S235JRH [38]

$M_o$  – maximální ohybový moment na tělese 3

$W_o$  – modul průřezu v ohybu

Výpočet proveden dle [37, 39].

## KONTROLA NA TLAK / TAH

$$N_{max} = N_I = 1410,34 \text{ N} \quad (57)$$

$$\sigma_{tlak,tah} = \frac{N_I}{S} = \frac{1410,34}{1036} = 1,36 \text{ MPa} \quad (58)$$

$$\sigma_{tlak,tah} \leq \sigma_{o Dov} \quad (59)$$

$$1,36 < 117,5 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$N_{max}$  – Maximální normálová síla na tělese 3

S – Plocha průřezu ramene [36]

$\sigma_{tlak,tah}$  – napětí v tahu a tlaku

Výpočet proveden dle [37, 39].

## 6.3. VOLBA ROZMĚRŮ ČEPŮ A KONTROLA

### 6.3.1. ČEPY VE VAZBÁCH C, D, E, F

Čepy v bodě C a F jsou namáhány největší silou, a to 3856,8 N. Pro zjednodušení výroby budou čepy ve vazbách C, D, E, F nůžkového mechanismu stejných průměru a to 20 mm. Pro čepy byl zvolen materiál 12 010.0, konstrukční ocel vhodná pro čepy, pouzdra, šrouby, váčkové hřídele atd.. Uložení čepů (Obr. 58) jsem navrhnul ve vložkách, které jsou spojeny s ramenem svarem [39].

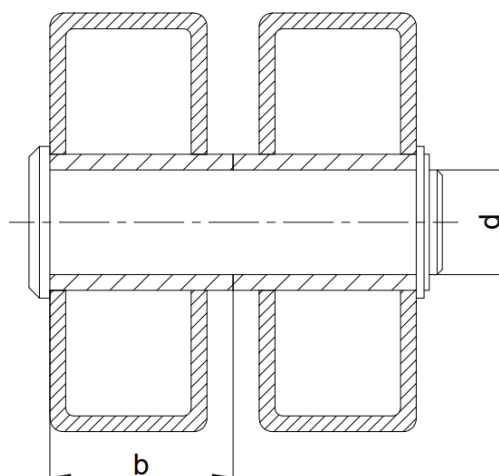
#### Mechanické vlastnosti konstrukční oceli 12 010.0

$$R_e = 295 \text{ MPa}$$

$$R_m = 450 \text{ až } 710 \text{ MPa}$$

Hodnoty dle [39].





**Obr. 58 – Uložení čepů v ramenech nůžkového mechanismu C, D, E, F**

### KONTROLA ČEPU NA OHYB

$$\sigma_{o\,Dov} = 0,50 \cdot R_e = 0,5 \cdot 295 = 147,5 \text{ MPa} \quad (60)$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \quad (61)$$

$$\sigma_o = \frac{F_{Cy} \cdot \frac{b}{2}}{\frac{\pi \cdot d_c^3}{32}} = \frac{3856,8 \cdot \frac{45}{2}}{\frac{\pi \cdot 20^3}{32}} = 110,49 \text{ MPa} \quad (62)$$

$$\sigma_o \leq \sigma_{o\,Dov} \quad (63)$$

$$110,49 < 147,5 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Výpočty provedeny dle [37, 40].

### KONTROLA ČEPU NA OTLAČENÍ

$$p_{Dov} = 0,60 \cdot R_e = 0,60 \cdot 295 = 177 \text{ MPa} \quad (64)$$

$$p = \frac{F}{S} \quad (65)$$

$$p = \frac{F_{Cy}}{d \cdot b} = \frac{3856,8}{20 \cdot 45} = 4,29 \text{ MPa} \quad (66)$$

$$p \leq p_{Dov} \quad (67)$$

$$4,29 < 177 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$p_{Dov}$  – dovolené napětí v tlaku na čep [37]

$p$  – napětí v tlaku na čep

Výpočet proveden dle [37, 39].

### KONTROLA ČEPU NA SMYK

$$\tau_{Dov} = 0,4 \cdot R_e = 0,4 \cdot 295 = 118 \text{ MPa} \quad (68)$$

$$\tau = \frac{F}{S} \Rightarrow \frac{F_{Cy}}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} \quad (69)$$

$$\tau = \frac{F}{S} \Rightarrow \frac{3856,8}{\frac{\pi \cdot 20^2}{4}} = 12,28 \text{ MPa} \quad (70)$$

$$\tau \leq \tau_{s Dov} \quad (71)$$

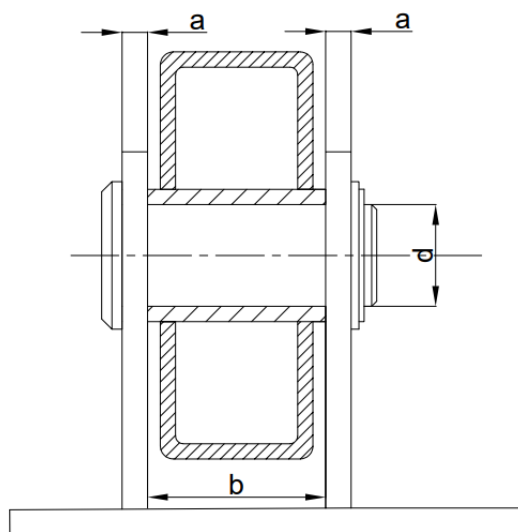
$$12,28 < 118 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$\tau_{Dov}$  – dovolené smykové napětí [37]

$\tau$  – smykové napětí

Výpočty provedeny dle [37, 40].

### 6.3.2. ČEPY VE VAZBÁCH A, G



Obr. 59 – Uložení čepů v ramenech nůžkového mechanismu A, G

### KONTROLA ČEPU NA OHYB

$$\sigma_o = \frac{F_{Gy} \cdot \left(b + 2 \cdot \frac{a}{2}\right)}{\frac{\pi \cdot d_c^3}{32}} = \frac{1928,4 \cdot \left(40 + 2 \cdot \frac{3}{2}\right)}{\frac{\pi \cdot 20^3}{32}} = 105,58 \text{ MPa} \quad (72)$$

$$\sigma_o \leq \sigma_{o \text{ Dov}} \quad (73)$$

105,58 < 147,5 => Vyhovuje

### KONTROLA ČEPU NA OTLAČENÍ

$$p = \frac{F_{Gy}}{d \cdot 2 \cdot a} = \frac{1928,4}{20 \cdot 2 \cdot 10} = 4,82 \text{ MPa} \quad (74)$$

$$p \leq p_{Dov} \quad (75)$$

4,82 < 177 => Vyhovuje

### KONTROLA ČEPU NA SMYK

$$\tau = \frac{F}{2 \cdot S} => \frac{1928,4}{2 \cdot \frac{\pi \cdot 20^2}{4}} = 3,07 \text{ MPa} \quad (76)$$

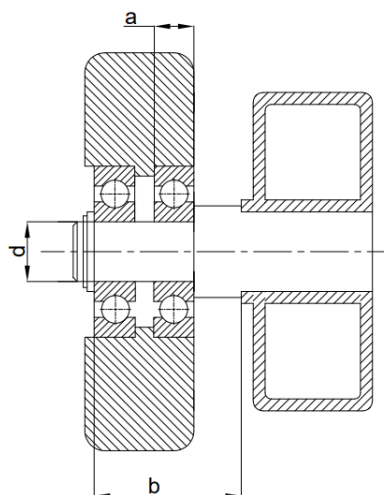
$$\tau \leq \tau_{Dov} \quad (77)$$

3,07 < 118 => Vyhovuje

Výpočty provedeny dle [37, 40].

#### 6.3.3. OSY VE VAZBÁCH B, H

Tyto osy spojují volné konce nůžkového mechanismu s pojezdovými koly (Obr. 60). Pro uložení osy v rameni nůžkového mechanismu volím průměr 20 mm. V rameni je osa připevněna svarem. Osa byla zúžena pro osazení pojezdového kola na 16 mm. Pro osy byl zvolen materiál 12 010.0, taktéž jako u čepů. Výpočet je proveden na menší průměr osy.



**Obr. 60 – Řez čepem a pojezdovým kolem ve vazbě B, H**

### **KONTROLA ČEPU NA OHYB**

$$\sigma_o = \frac{F_{By} \cdot \frac{b}{2}}{\frac{\pi \cdot d_c^3}{32}} = \frac{1928,4 \cdot \frac{38}{2}}{\frac{\pi \cdot 16^3}{32}} = 91,12 \text{ MPa} \quad (78)$$

$$\sigma_o \leq \sigma_{o \text{ Dov}} \quad (79)$$

91,12 < 147,5 => Vyhovuje

### **KONTROLA ČEPU NA OTLAČENÍ**

$$p = \frac{F_{Cy}}{a \cdot 2 \cdot a} = \frac{1928,4}{16 \cdot 2 \cdot 11} = 5,48 \text{ MPa} \quad (80)$$

$$p \leq p_{Dov} \quad (81)$$

5,48 < 177 => Vyhovuje

Vyhovuje

### **KONTROLA ČEPU NA SMYK**

$$\tau = \frac{F}{S} => \frac{1928,4}{\frac{\pi \cdot 16^2}{4}} = 9,59 \text{ MPa} \quad (82)$$

$$\tau \leq \tau_{Dov} \quad (83)$$

9,59 < 118 => Vyhovuje

Výpočty provedeny dle [37, 40].

## 7. NÁVRH POHÁNĚCÍ STANICE

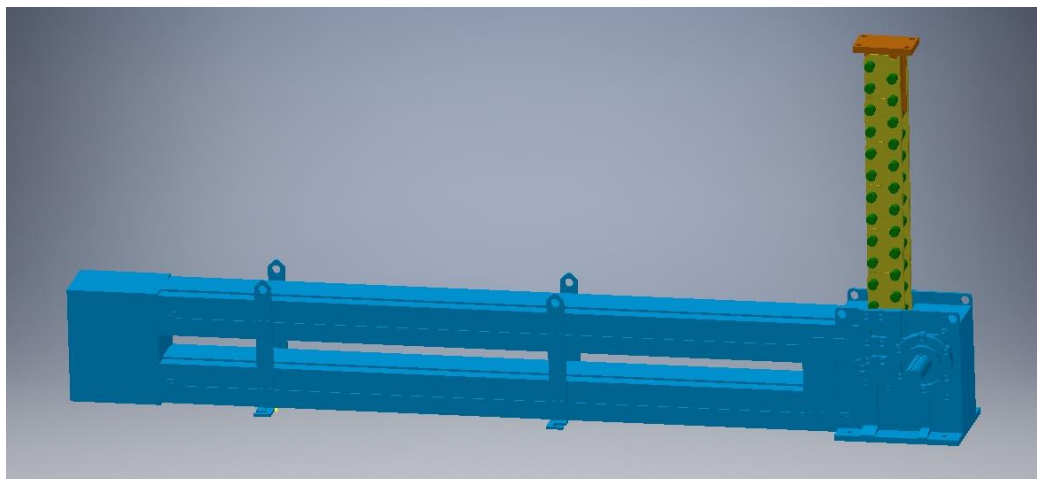
### SERAPID LINKLIFT LL 50

Mechanismus Serapid LinkLift LL 50 (Obr. 61) je vhodný pro nízkofrekvenční aplikace přibližně do 5 cyklů za hodinu, což v případě použití u katafalku vyhovuje [41].

#### Základní technické parametry - LinkLift LL 50

Max. dynamické zatížení	$m_D$	1500 kg
Max. statické zatížení	$m_S$	3000 kg
Max. zdvih	$H_{\max}$	3000 mm
Jmenovitá rychlost zdvihu až	$v_{jmen}$	$0,2 \text{ m.s}^{-1}$
Účinnost	$\eta_{Link}$	80%
Rozteč řetězu	$p_{\check{r}}$	50 mm
Průměr vstupní hřídele	$d_{vstup}$	45 mm
Minimální výška mechanismu	$h_{min}$	366 mm
Hmotnost řetězu	$m_{\check{r}}$	$21 \text{ kg.m}^{-1}$
Hmotnost mechanismu	$m_{mech L}$	29 kg
Hmotnost zásobníku	$m_Z$	10 kg
Počet cyklů	$n_C$	50000

Parametry dle [41].



Obr. 61 – LinkLift LL 50

## 7.1. VÝPOČET POTŘEBNÉHO VÝKONU MOTORU

Při výpočtu motoru pro pohon LinkLift LL 50 můžeme vycházet z daných vztahů výrobcem. Zatížení motoru od břemene a rámu ložné plochy činí 5395,5 N dle výpočtu (15). Dále je motor zatěžován samotnou hmotností topořivého řetězu a hmotností ramen nůžkového mechanismu. Nůžkový mechanismus je tvořen profilem TR OBD 80 x 40 x 5, jehož hmotnost činí 7,89 kg/m. Hmotnost nůžkového mechanismu jsem vypočítal na 180 kg.

### ZATÍŽENÍ OD HMOTNOSTI ŘETĚZU

$$F_{\text{ř}} = H \cdot m_{\text{ř}} \cdot g \quad (84)$$

$$F_{\text{ř}} = 3 \cdot 21 \cdot 9,81 = 618 \text{ N}$$

### ZATĚŽUJÍCÍ SÍLA

$$F_z = F_{\text{ř}} + F_c + (m_R \cdot g) \quad (85)$$

$$F_z = 618 + 5395,5 + (180 \cdot 9,81) = 7779,3 \text{ N}$$

$m_R$  – hmotnost ramen nůžkového mechanismu

### VÝPOČET POTŘEBNÉHO MOMENTU

$$M_k = \frac{F_z \cdot 10^{-3} \cdot p_{\text{ř}}}{0,8} \quad (86)$$

$$M_k = \frac{7779,3 \cdot 10^{-3} \cdot 50}{0,8} = 466,21 \text{ Nm}$$

### VSTUPNÍ OTÁČKY

$$n_v = \frac{v_z}{6 \cdot p_{\text{ř}} \cdot 10^{-3}} \quad (87)$$

$$n_v = \frac{0,1 \cdot 60}{6 \cdot 50 \cdot 10^{-3}} = 20 \text{ ot. min}^{-1}$$

6 = počet zubů řetězového kola

## POTŘEBNÝ VÝKON MOTORU

$$P_m = M_k \cdot \omega = \frac{M \cdot n_v}{9550} \quad (88)$$

$$P_m = M_k \cdot \omega = \frac{466,21 \cdot 20}{9550} = 0,98 \text{ kW}$$

Výpočty provedeny dle [41].

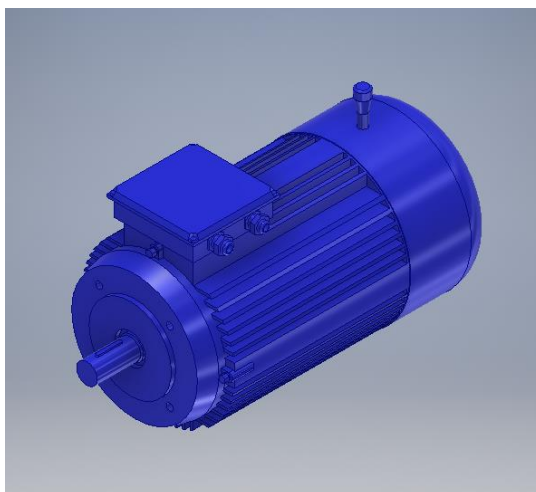
### 7.1.1. VOLBA MOTORU

Pro pohon LinkLiftu LL 50 jsem zvolil třífázový čtyřpólový asynchronní motor s kotvou na krátko a brzdou (Obr. 62), o jmenovitém výkonu 1,5 kW od firmy RAVEO s označením RMS90L4 BRAKE.

#### Základní technické parametry motoru - RMS90L4 BRAKE

Průměr výstupní hřídele	$d_{\text{vstup}}$	24 mm
Otáčky	$n_m$	1430 ot/min
Jmenovitý výkon	$p_m$	1,5 kW
Jmenovitý točivý moment	$M_k$	10,2 N·m
Účinnost	$\eta_m$	IE3
Hmotnost	$m$	18 kg
Přírubové provedení	-	B5

Parametry dle [42].



**Obr. 62 – Třífázový čtyřpólový asynchronní motor s kotvou na krátko a brzdou - RMS90L4 BRAKE**

### 7.1.2. VOLBA FREKVENČNÍHO MĚNIČE

Frekvenční měnič je zařízení, které slouží k regulaci otáček elektromotorů, což je u katafalku žádoucí vzhledem k nutnosti změny rychlosti zdvihu při smutečním obřadu a mimo obřad. Změny otáček se docílí současnou změnou frekvence a napětí, po dosažení jmenovitých hodnot napětí pouze změnou frekvence. Pro ovládání elektromotoru a jeho nastavení je potřeba zvolit frekvenční měnič podle výkonu elektromotoru, což je 1,5 kW.

Zvolil jsem frekvenční měnič VECTOR V800-4T0015, pro elektromotory s výkonem 1,5 kW od firmy VYBO Electric (Obr. 66). Tento měnič poskytuje funkci naprogramovat až 16 rychlostí a čtyři skupiny časů zrychlení a zpomalení [43].



Obr. 66 – Frekvenční měnič VECTOR V800-4T0015

Zdroj: <https://vyboelectric.cz/obchod/15kw-frekvencni-menic-vector-v800-4t0015-4a/>

## 7.2. VOLBA PŘEVODOVKY

### VÝPOČET POTŘEBNÉHO PŘEVODOVÉHO POMĚRU

$$i_p = \frac{n_m}{n_v} \quad (89)$$

$$i_p = \frac{1430}{20} = 71,5$$

Výpočet proveden dle [40].

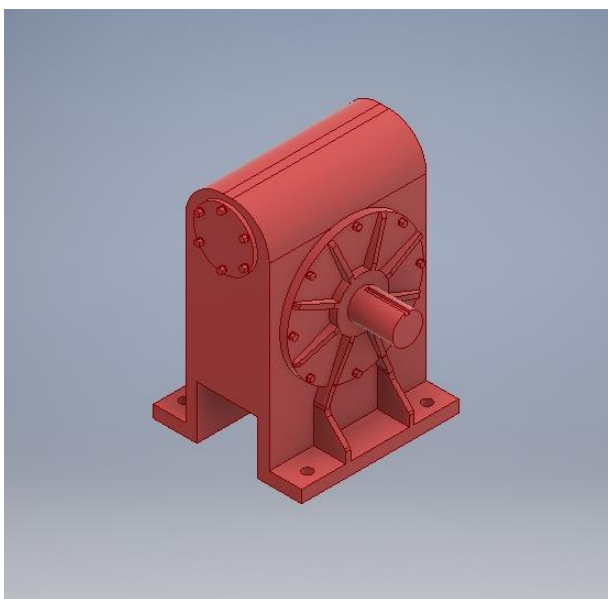


Pro přenos točivého momentu na jednotku LinkLiftu LL 50 jsem zvolil převodovku RT 120A od společnosti TOS Znojmo (Obr. 63). Jedná se o šnekovou převodovku s výstupní hřídelí, která bude spojena s LinkLiftem pružnou spojkou [44].

#### **Základní technické parametry převodovky – RT 120A**

Převodový poměr	$i_p$	70 [-]
Výstupní otáčky	$n_v$	20ot/min
Jmenovitá vstupní výkon	$p_m$	1,5 kW
Výstupní točivý moment	$M_{kv}$	494N·m
Průměr výstupní hřídele	$d_{vstup}$	24 mm
Průměr výstupní hřídele	$d_{vystup}$	40 mm
Účinnost	$\eta_p$	69 %

Parametry dle [44].



**Obr. 63 – Šnekova převodovka RT 120A**

#### **SKUTEČNÁ RYCHLOST ZDVIHU**

$$n_{2s} = \frac{n_v}{i_s} \quad (90)$$

$$n_{2s} = \frac{1430}{70} = 20,43$$

$i_s$  – Skutečný převodový poměr

$n_{2s}$  – Skutečné výstupní otáčky z převodovky

$$v_s = \frac{\frac{n_{2s}}{60}}{6 \cdot p_f \cdot 10^{-3}} \quad (91)$$

$$v_s = \frac{\frac{20,43}{60}}{6 \cdot 50 \cdot 10^{-3}} = 0,102 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Výpočet proveden z upravených vztahů (87, 89)

## KONTROLA POŽADOVANÉHO VÝKONU MOTORU

$$P_1 = \frac{M_k \cdot n_{2s}}{9550 \cdot \eta} \quad (92)$$

$$P_1 = \frac{466,21 \cdot 20,43}{9550 \cdot 0,69} = 1,45 \text{ kW}$$

Výpočet dle [44].

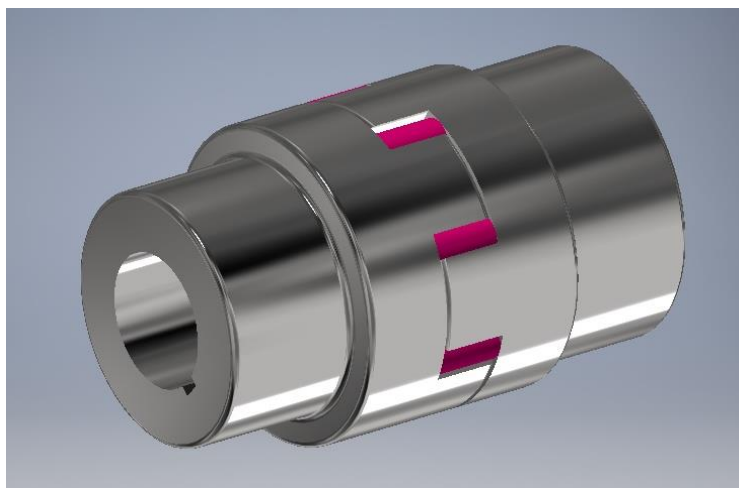
### 7.3. VOLBA SPOJKY

Pro spojení převodovky s LinkLiftem jsem zvolil pružnou spojku typu ROTAX 42 GJL 40-45 64 Sh-D, ocelovou od společnosti KTR (Obr. 64). Výhodou této spojky je, že umožňuje částečné angulární, radiální a axiální výchylky, což usnadňuje montáž. Umístění pružné spojky jsem navrhnul mezi LinkLiftem LL 50 a šnekovou převodovkou (Obr. 65), z důvodu snížení rázů při rozběhu mechanismu [45].

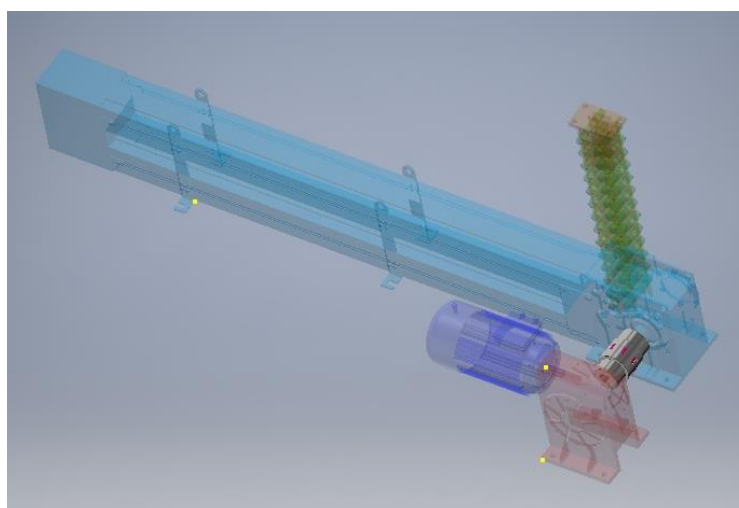
#### Základní technické parametry pružné spojky - ROTAX 42 GJL 40-45 64 Sh-D

Typ	-	42 GJL
Délka spojky	L	126 mm
Průměr spojky	$d_s$	94 mm
Maximální točivý moment	$M_{kmax}$	560 N·m
Průměr výstupní hřídele	$d_{vstup}$	40 mm
Průměr výstupní hřídele	$d_{vystup}$	45 mm

Parametry dle [45].



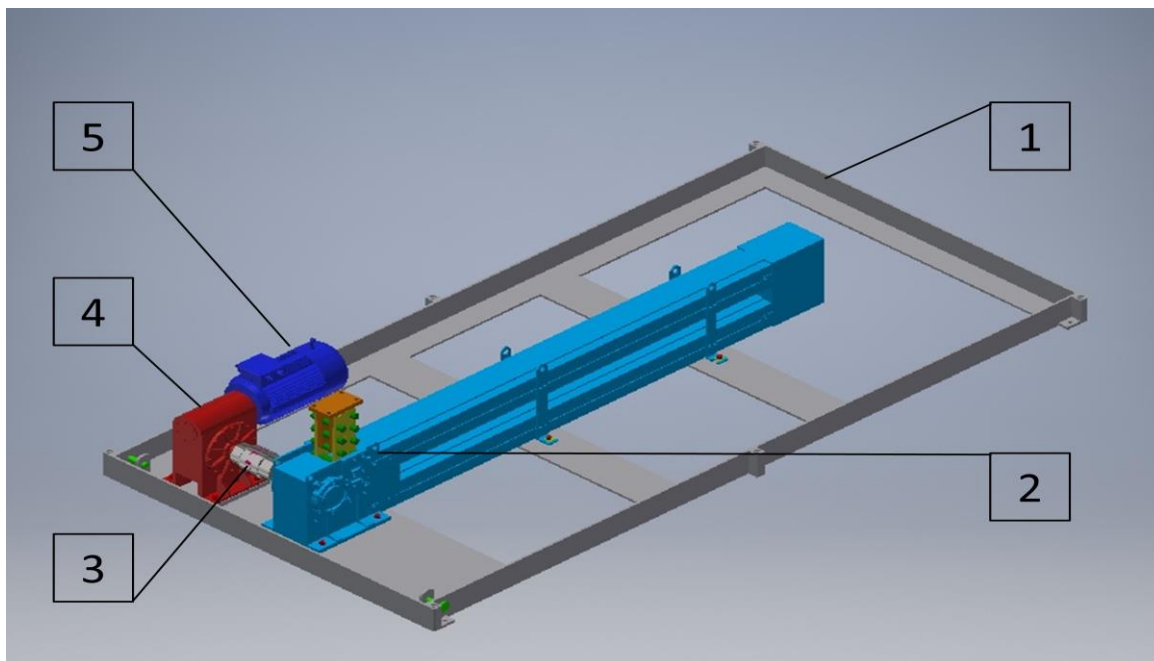
**Obr. 64 – Pružná spojka ROTAX 42 GJL**



**Obr. 65 – Umístění pružné spojky ROTAX 42 GJL**

## **7.4. UMÍSTĚNÍ POHÁNĚCÍ STANICE**

Navržená poháněcí stanice se skládá z LinkLiftu LL 50, pružné spojky ROTAX 42 GJL, šnekové převodovky RT 120A a elektromotoru s brzdou RMS90L4 BRAKE. Pohonná stanice byla umístěna na okraji spodního rámu (Obr. 73), kde je uchycen nůžkový mechanismus v čepech na pevno. Toto umístění je zvoleno z důvodu, aby nedocházelo ke ztrátě kontaktu válivého uložení nůžkového mechanismu s rámem, v případě, kdy bude docházet ke zdvihu plošiny bez zatížení. LinkLift LL 50 přenáší sílu na horní rám a proto je umístěn ve středu kratší stany spodního rámu. Od tohoto mechanismu se odvíjí uložení dalších komponentů poháněcí stanice.

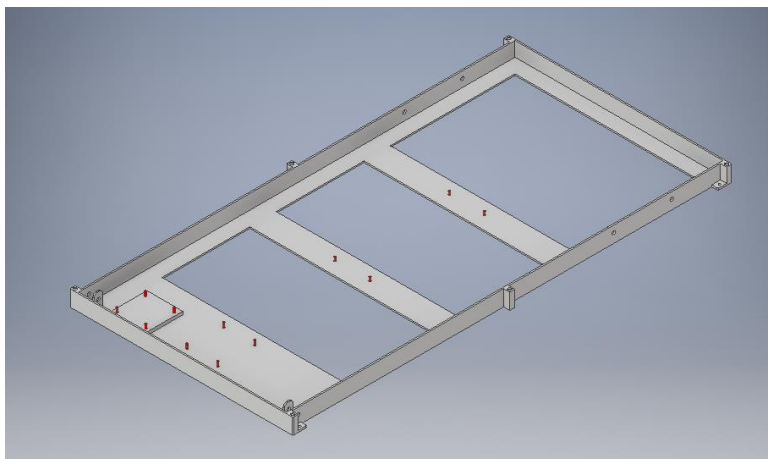


**Obr. 73 – Umístění poháněcí stanice na spodním rámu, 1 – spodní rám,  
2 – LinkLift LL50, 3 – pružná spojka ROTAX 42 GJL, 4 – šneková převodovka  
RT 120A, 5 – elektromotor s brzdou RMS90L4 BRAKE**

## 8. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ KOMPONENTŮ KATAFALKU

### 8.1. KONSTRUKCE SPODNÍHO RÁMU

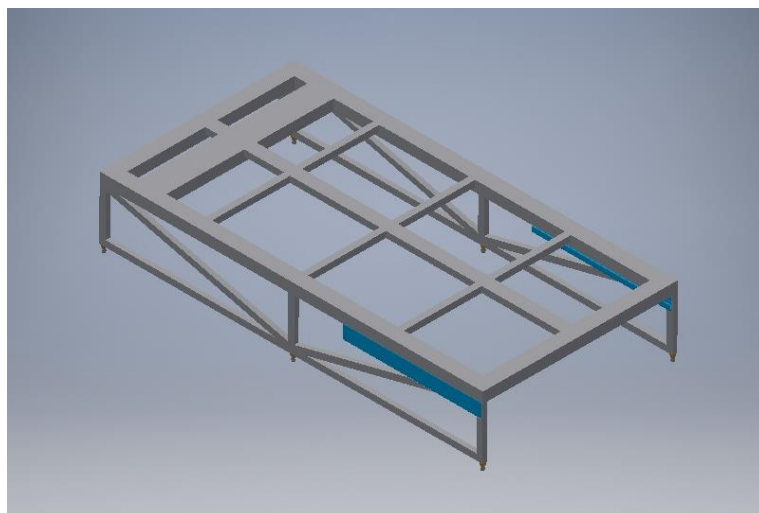
Konstrukce spodního rámu (Obr. 67) je tvořena z tyče průřezu rovnoramenného L, z oceli válcované za tepla L 90 x 8 – ČSN 42 5541.1 – 11 523.0, a dále z tyče ploché 100 x 10 Z, 150 x 8 Z – ČSN 42 5522.01 – 11 523.0. Spodní část pro uchycení pohonné stanice je z široké oceli 300 x 8 – ČSN 42 5524.0 – 11 523.0. Pro dosažení stejné osové výšky výstupních hřídelí LinkLiftu LL 50 a převodové skříně, bude pod převodovou skříní přivařena široká ocel 210 x 9 – ČSN 42 5524.0 – 11 523.0. Uchycení převodové skříně a LinkLiftu LL 50 je provedeno závrtnými šrouby M12. Pro ukotvení spodního rámu, potažmo celého zvedacího mechanismu k podlaze, jsou v rozích navrženy díry o průměru 12 mm pro kotvící šrouby [39, 46].



Obr. 67 – Spodní rám katafalku

### 8.2. KONSTRUKCE HORNÍHO RÁMU

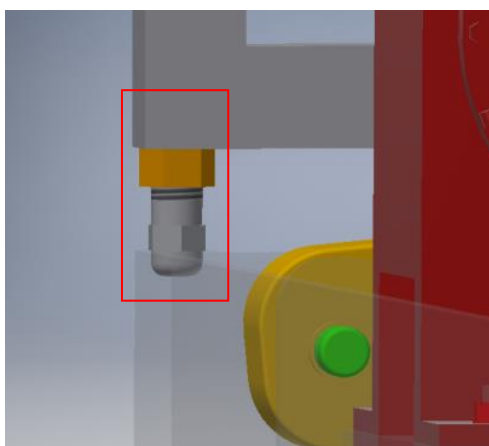
Konstrukce horního rámu (Obr. 68) je navržena jako příhradová, z důvodu, aby nedocházelo k jejímu průhybu při maximálním zatížení. Hlavní část konstrukce je svařenec z ocelových obdélníkových trubek bezešvých tvářených za tepla TR OBD 90 x 70 x 5 – ČSN 42 5720.00 – 11 523.0. Příčné výztuže horního rámu jsou navrženy z TR 4HR 40 x 3 – ČSN 42 5720.00 – 11 523.0. A dále příhradová část z TR OBD 40 x 30 x 3 – ČSN EN 10219-2 – S235JRH (obdobá 11 375). Uchycení patky topořivého řetězu k hornímu rámu je provedeno šrouby M12 [39, 46].



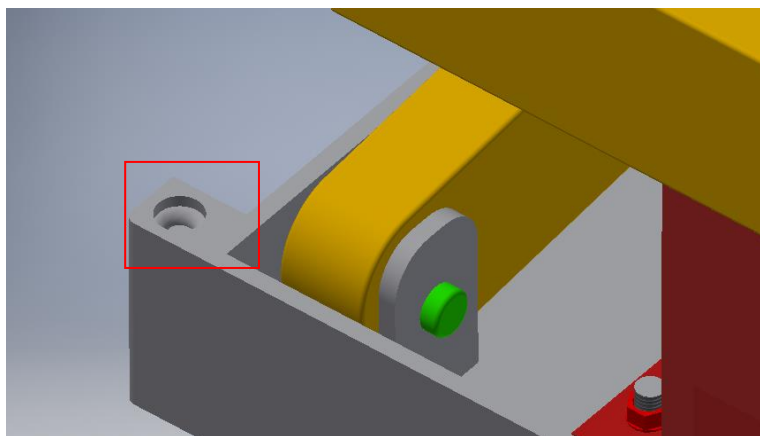
**Obr. 68 – Horní rám katafalku s pojezdovým vedením**

### **8.3. VZÁJEMNÁ ARETACE HORNÍHO A SPODNÍHO RÁMU**

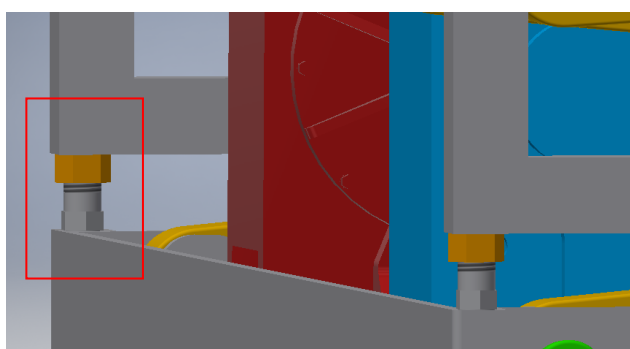
Vzájemná aretace horního a spodního rámu je navržena proto, aby bylo možné nasouvat rakev na ložnou plochu katafalku ze všech stran a nedocházelo při tom k nežádoucím bočním silám na nůžkový mechanismus. Tento systém aretuje horní rám do spodního v šesti bodech. Systém je založen na šesti stavitelných šroubech o průměru 20 mm, které jsou našroubovány v horním rámu a opatřeny pojistnou maticí (Obr. 69). Ve spodní části mají šrouby dosedací plochu. Spodní rám je opatřen šesti dosedacími plochami, do kterých se zasune část aretačních šroubu (Obr. 70). Aretace nastane při dojezdu horního rámu do nejnižší polohy (Obr. 71).



**Obr. 69 – Aretační šroub s pojistnou maticí**



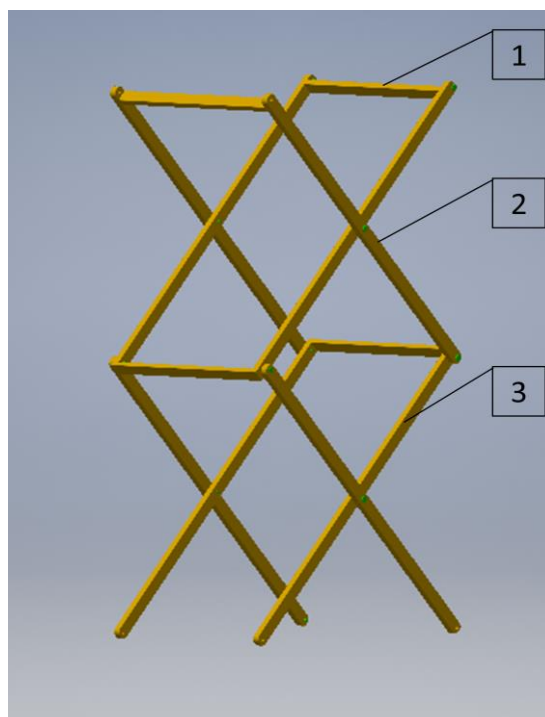
**Obr. 70 – Dosedací plocha pro aretační šroub**



**Obr. 71 – Aretace horního a spodního rámu**

#### **8.4. KONSTRUKCE RAMEN NŮŽKOVÉHO MECHANISMU**

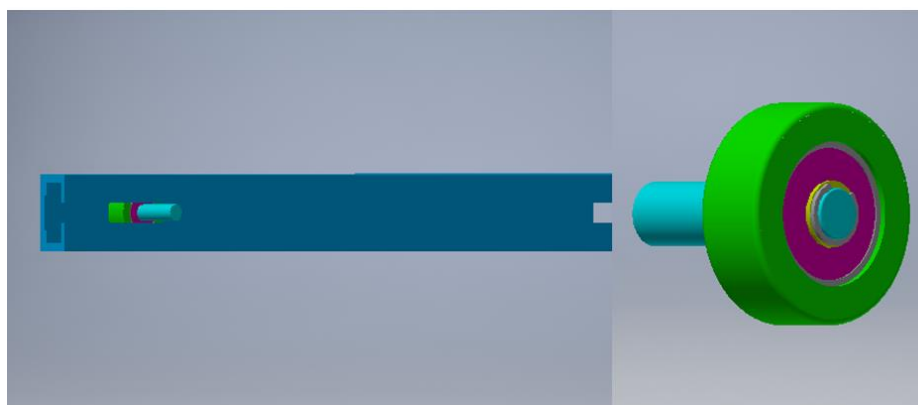
Ramena nůžkového mechanismu, tvoří obdélníkové trubky svařované TR OBD 80 x 40 x 5, z materiálu S235JRH (1.0039) dle EN 10219-1. Ramena se liší délkou vložek pro uložení čepů a příčnými vzpěrami. Protilehlá ramena, jsou spojena jednou, nebo dvěma příčnými vzpěrami pro dosažení požadované stability mechanismu. Propojení protilehlých ramen lze provést jen u ramen číslo 1, 2, 3 (Obr 72), z důvodu použité poháněcí stanice. Propojení jednotlivých ramen je provedeno čepy s hlavou, které jsou zajištěny pojistným kroužkem [39, 46].



**Obr. 72 – Dvounůžkový mechanismus, 1 – propojení ramen dvěma vzpěrami, 2, 3 – jednou vzpěrrou**

## **8.5. VEDENÍ NŮŽKOVÉHO MECHANISMU**

Pro vedení volně uložených ramen nůžkového mechanismu je zvoleno valivé uložení. Základní pojezdové vedení je ve tvaru C, ve kterém se pohybuje pojezdové kolo (Obr. 74). Toto vedení je napevno spojené s horním a dolním rámem svárovými spoji. Tvar tohoto vedení umožní pohyb kola jen v jednom směru, a tudíž bude stabilizovat ramena nůžkového mechanismu.



**Obr. 74 – Konstrukční řešení vedení ramen nůžkového mechanismu**

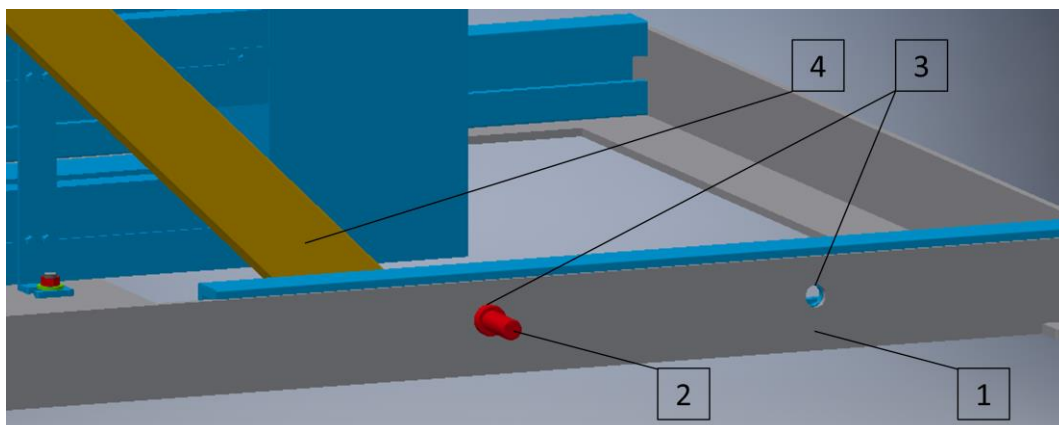


## 8.6. ZPŮSOB OVLÁDÁNÍ KATAFALKU

Vzhledem k použité pohonné stanici, je možno použít pouze elektrické ovládání. Protože má tato zvedací plošina specifický úkol, je zvoleno ovládání jak stacionární, přímo v zástavbě zařízení (nebo v jeho blízkosti) a dále v obřadní síni, pro možnost spuštění zařízení ve správnou chvíli během smutečního obřadu. Přesné umístění ovládacích prvků, bude dle zástavby a požadavku daného krematoria.

## 8.7. BEZPEČNOSTNÍ PRVKY KATAFALKU

Katafalk byl osazen bezpečnostními optickými senzory, aretačním mechanismem pro servisní úkony (Obr. 75) a dále výstražným červeným světlem umístěným v prostoru suterénu. Tato světlo bude signalizovat uvedení katafalku do provozu ovládáním z obřadní síně.

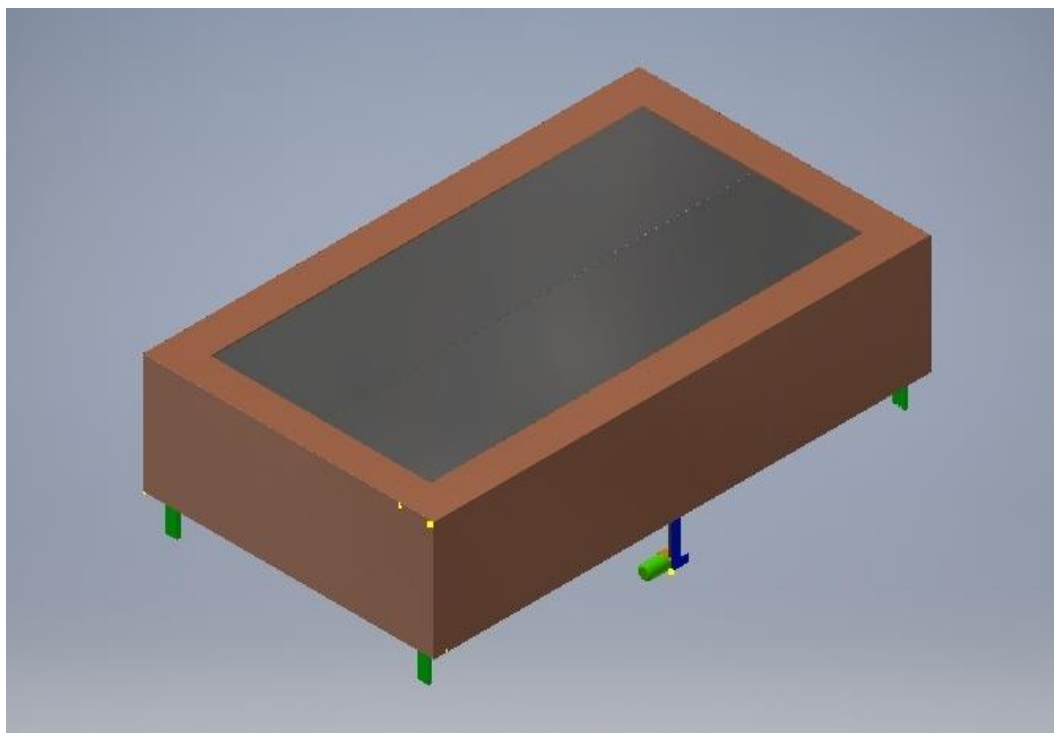


**Obr. 75 – Konstrukční řešení aretace katafalku při servisních úkonech 1 – rám, 2 – aretační trn 3 – otvory pro aretační trn, 4 – rameno nůžkového mechanismu**

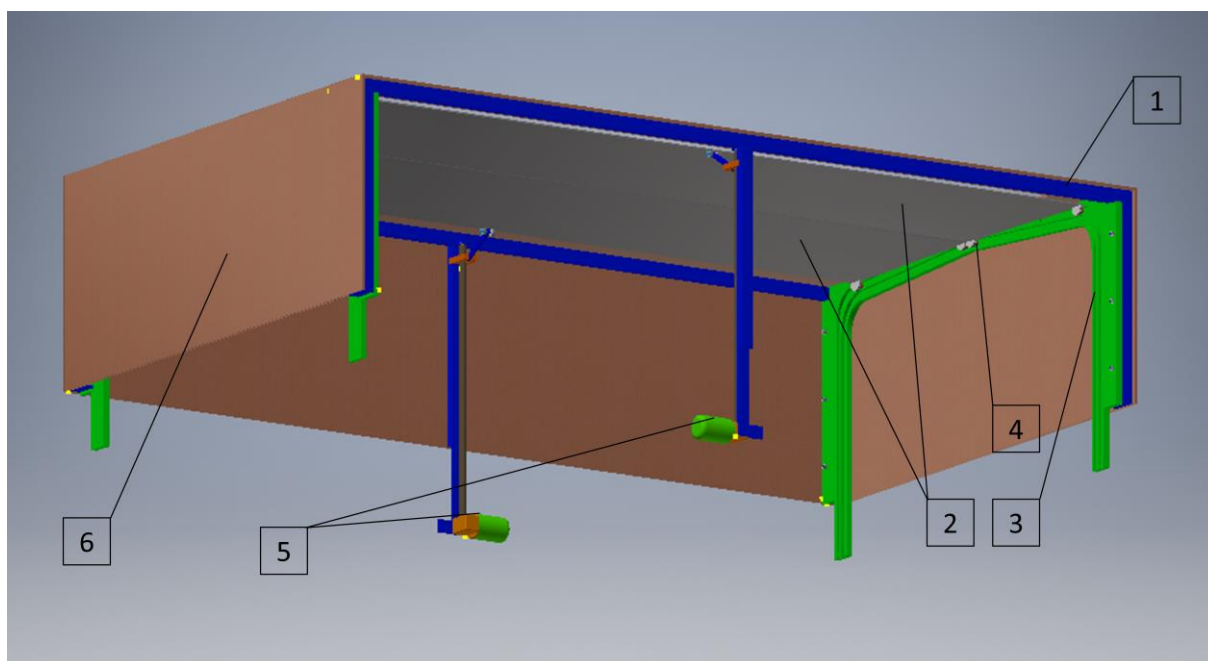
## 8.8. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ HORNÍ ČÁSTI KATAFALKU

Viditelná horní část katafalku v obřadní síni se skládá ze základního rámu, který tvoří nosnou část pro dvojici dvířek a dále pro dřevěné obložení (Obr. 76, 77). Dvířka jsou osazena pojezdovými koly, která jsou usazeny v pojezdových lištách. Pohyb dvířek je zajištěn pomocí dvojice pohybových šroubů a elektromotorů. Dvířka se při otvírání katafalku zasunou směrem ven od středu, do vnitřní části katafalku. Pro zabezpečení správného času otevření a zavření katafalku je mechanismus osazen optickým senzorem. Tento senzor uvede do chodu elektromotory dvířek v době, kdy ložná plocha dosáhne určité výšky jak při zdvihu tak při

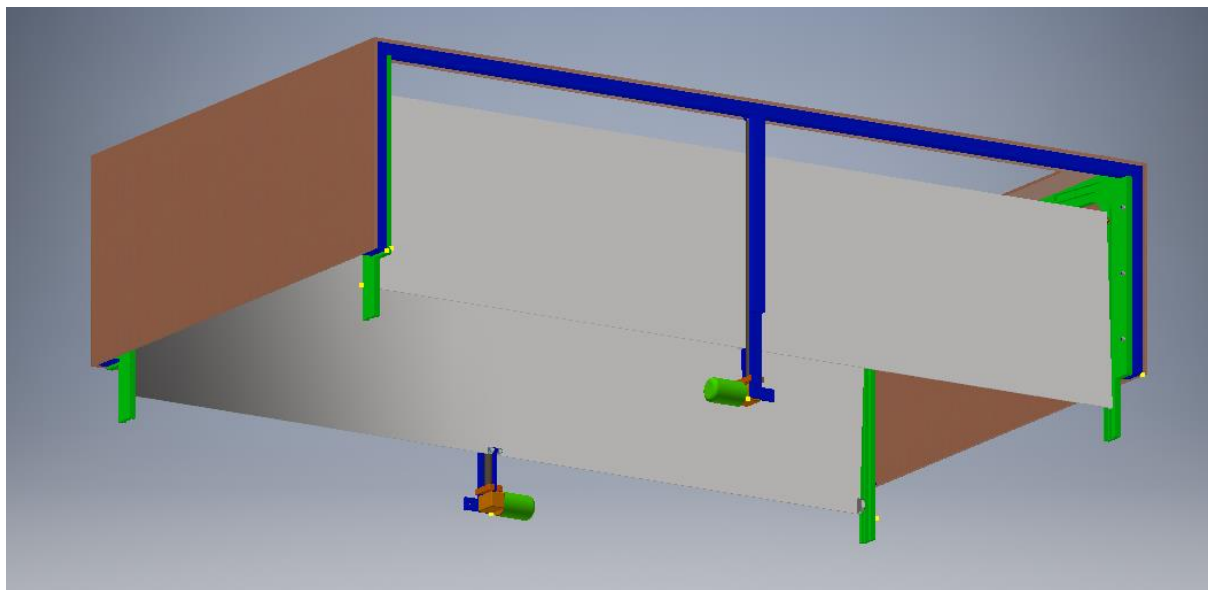
spouštění rakve. Rychlost otevření a zavření dvířek, taktéž čas spuštění tohoto mechanismu bude nastaven dle aktuálních propozic a požadavků daného krematoria.



**Obr. 76 – Horní část katafalku**



**Obr. 77 – Horní část katafalku v zavřeném stavu, 1 – rám, 2 – dvířka 3 – pojezdové vedení, 4 – pojezdové kolečka dvířek, 5 – elektromotor s převodovkou a pohybovým šroubem, 6 – dřevěné obložení**



**Obr. 78 – Horní část katafalku v otevřeném stavu**

## 9. VÝSLEDNÉ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

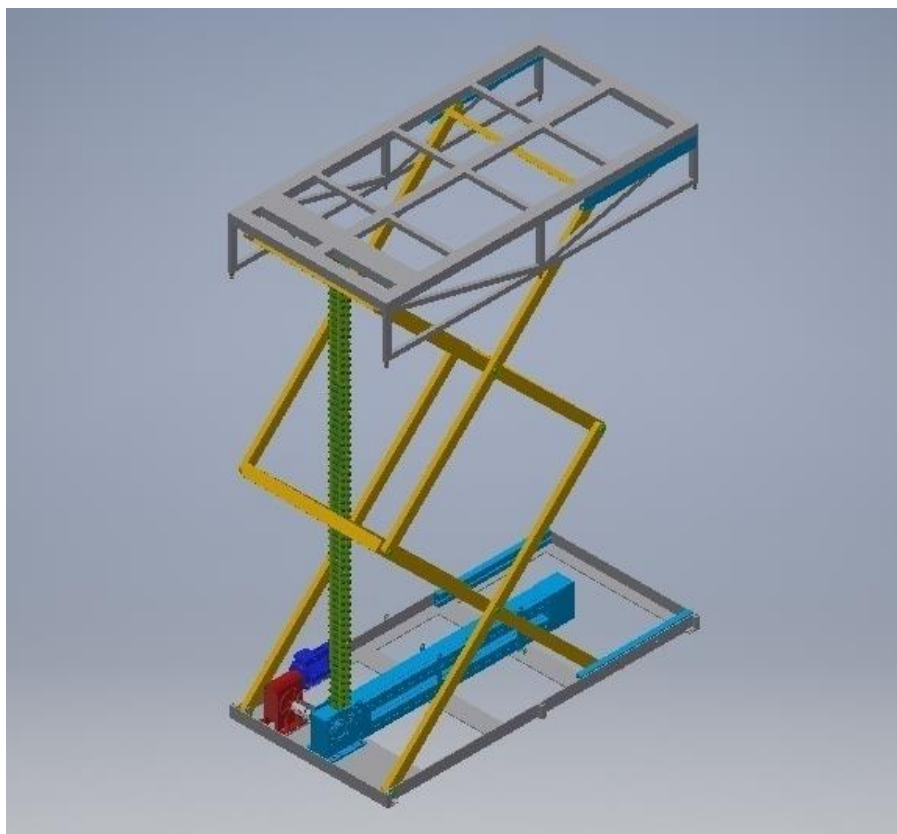
Výsledné konstrukční řešení (Obr. 78, 79) je založeno na dvounůžkovém mechanismu se spodním a příhradovým horním rámem. Poháněcí stanice je osazena LinkLiftem LL 50, který je spojen přes pružnou spojku ROTAX 42 GJL se šnekovou převodovkou RT 120A. Poháněcí stanice je dále osazena třífázovým čtyřpólovým asynchronním motorem s kotvou na krátko a brzdou s označením RMS90L4 BRAKE. Viditelná část katafalku v obřadní síni (Obr. 80, 81) má dvojici dvířek, které jsou ovládány přes dvojici elektromotorů s pohybovými šrouby.

### Technické parametry zvedacího mechanismu katafalku:

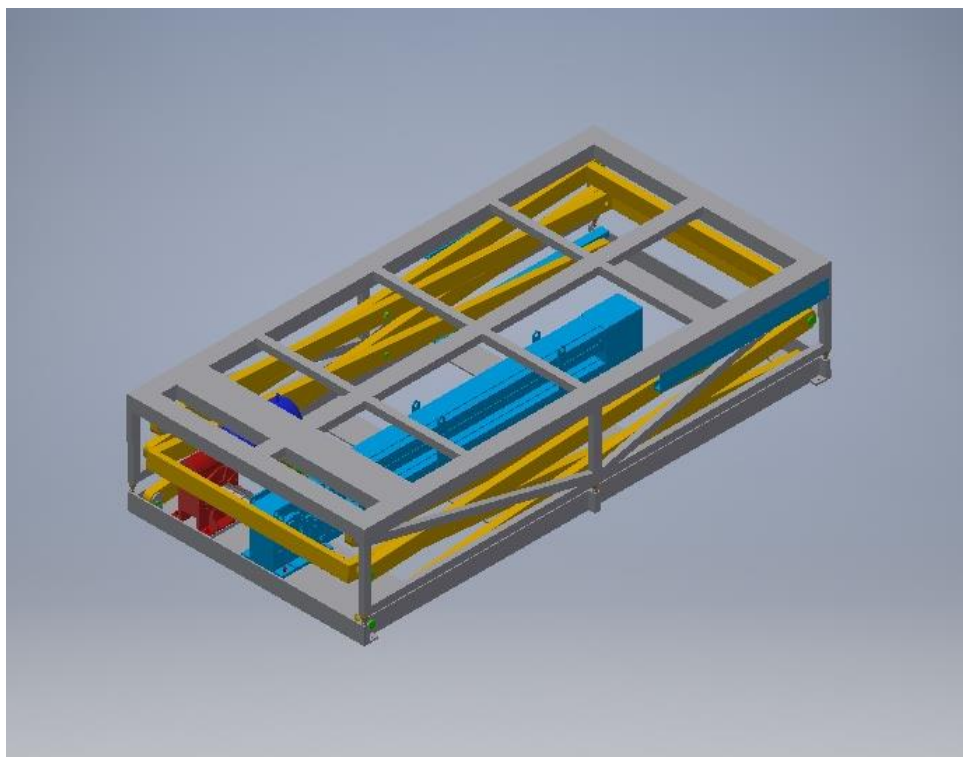
Šířka zvedacího mechanismu	$a_m$	1270 mm
Délka zvedacího mechanismu	$L$	2500 mm
Maximální výška mechanismu	$h_{max}$	3543 mm
Minimální výška mechanismu	$h_{min}$	543 mm
Nosnost	$N$	400 kg
Jmenovitá rychlost	$v_j$	$0,102 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

### Parametry horní části katafalku ve smuteční síni:

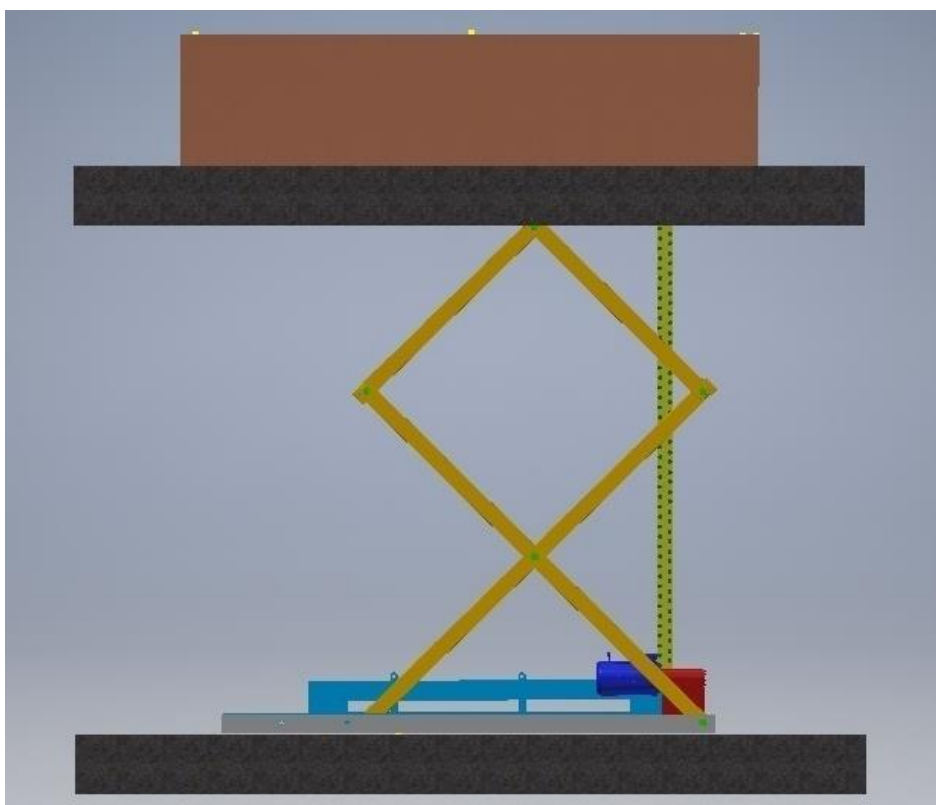
Šířka	$a_h$	1690 mm
Délka	$b_h$	2880 mm
Výška viditelné části	$h_h$	690 mm
Hloubka zapuštění pod podlahu	$h_z$	280 mm



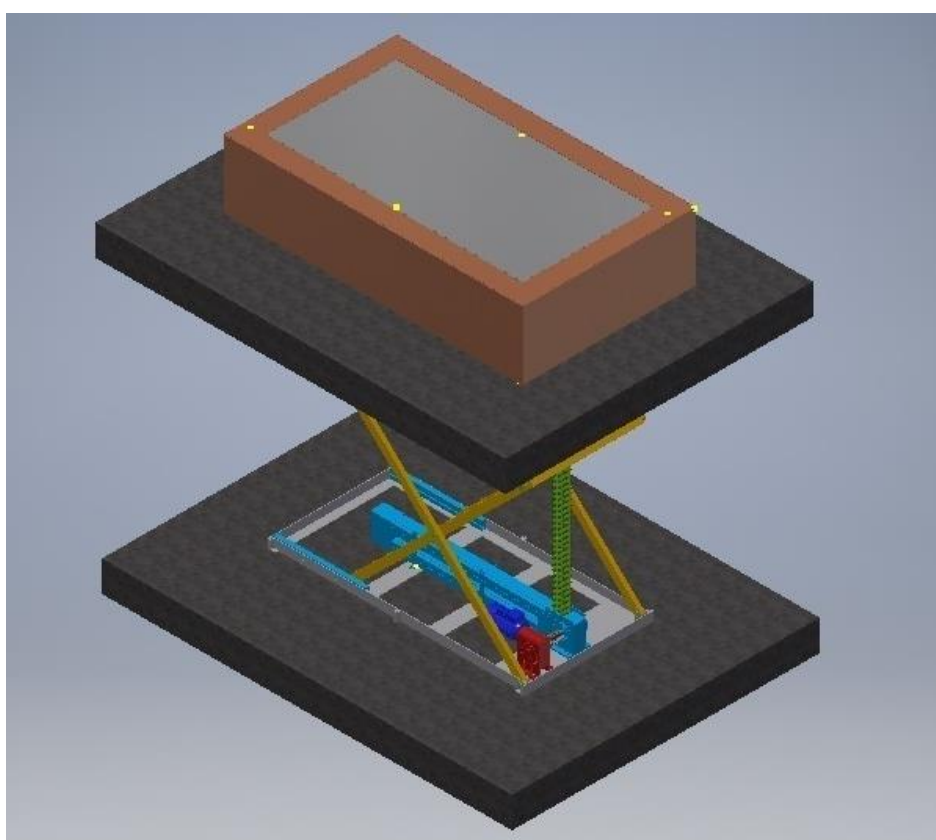
**Obr. 79 – Výsledné konstrukční řešení zvedacího mechanismu katafalku  
v horní poloze**



**Obr. 80 – Výsledné konstrukční řešení zvedacího mechanismu katafalku  
ve spodní poloze**



**Obr. 81 – Výsledné konstrukční řešení katafalku v horní poloze**



**Obr. 82 – Výsledné konstrukční řešení katafalku v horní poloze**

## ZÁVĚR

Bakalářská práce je zaměřena na konstrukční návrh katafalku, který musí umožnit manipulaci i s nadrozměrnou rakví.

V úvodní části práce jsem provedl odbornou rešerši na téma manipulačních prostředků rakví v krematoriu. Z této rešerše vyplynuly další potřebné informace pro konstrukční návrh.

Dále jsem zpracoval varianty mechanismů použitelných při návrhu konstrukčního řešení katafalku. Z mnoha variant mechanismů a komponentů použitelných pro katafalk jsem vybral a sestavil základní schéma optimální varianty. Tato varianta je složena s dvounůžkového mechanismu, spodního, horního rámu a pohonného mechanismu Serapid ND 6. Při následné přípravě všech informací potřebných k podrobnému konstrukčnímu návrhu, jsem musel přehodnotit zamýšlený pohonný mechanismus Spirallift ND 6 na topořivý řetěz LinkLift LL 50 a to z důvodu požadovaného minimálního zatížení na Serapid. Následně jsem vytvořil základní schéma druhé varianty.

Před samotným započítáním potřebných technologických a pevnostních výpočtů jsem stanovil rozměry nadrozměrné rakve, což bylo důležité pro návrh velikosti horního rámu, potažmo ložné plochy. Pro stanovení rozměrů jsem vycházel z norem upravující požadavky na rakve a dále z informací od výrobců rakví.

Následně jsem započal potřebné výpočty. Stanovil jsem délku ramen nůžkového mechanismu a provedl výpočet dalších potřebných parametrů pro statický rozbor. Úlohu jsem řešil jako rovinnou. Po uvolnění všech těles a stanovení podmínek rovnováhy jsem pomocí programu MatLab vypočítal síly v jednotlivých vazbách a stanovil silové účinky.

Dále jsem stanovil rozměr profilu ramen nůžkového mechanismu a provedl kontrolu na ohyb, tlak a tah. Zvolil jsem průměr čepů nůžkového mechanismu a osy uchycení pojezdových kol. Provedl jsem kontrolu na ohyb, otláčení a smyk. Poté jsem dle vztahů uvedených výrobcem pro LinkLift LL 50 vypočítal potřebné parametry pro volbu převodovky, elektromotoru. Po volbě těchto komponentů jsem stanovil pružnou spojku a frekvenční měnič.

Následovalo dopracování konstrukce jednotlivých komponentů katafalku s návrhem materiálů pro výrobu.

Průběžně jsem vytvářel 3D model v programu Autodesk Inventor a 2D model v programu AutoCAD, ze kterých jsem vytvořil výkresy poháněcí stanice a vertikálního manipulačního systému, včetně katafalku.

Tato práce splnila všechny stanovené cíle dle zadání, a také cíle, které jsem si stanovil při bližším poznání problematiky katafalku s vertikálním pohybem. Dle mého názoru má toto konstrukční řešení mnoho výhod, ale vzhledem k tomu, že se zvedací mechanismy a jejich pohony stále vyvíjejí, lze jistě navrhnout mnoho jiných konstrukčních řešení.



# SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A INTERNETOVÝCH ZDROJŮ

[1] *DEWI Slovakia: Vozíky, katafalky* [online]. Copyright ©2010 DEWI SLOVAKIA [cit. 29.09.2019]. Dostupné z: <http://www.dewi.sk/>

[2] *TABO-CS s.r.o.* [online]. Copyright © 2015 TABO [cit. 29.09.2019]. Dostupné z: <https://www.tabocs.cz/kremacni-zarizeni/doplnkove-vybaveni-krematoria>

[3] Vytex dp s.r.o. | Pohrebné urny, čalúnenie do rakiev, vozíky a nosidlá, pohrebné príslušenstvo.. *Vytex dp s.r.o. | Pohrebné urny, čalúnenie do rakiev, vozíky a nosidlá, pohrebné príslušenstvo.* [online]. [cit. 2.10.2019]. Dostupné z: <https://www.vytex.sk/>

[4] Chariot de transport / porte-cercueil / pliable / extensible - LAB001 - Auden Funeral Supplies. *MedicalExpo - Le salon online de l'équipement médical : matériel médical, imagerie médicale, mobilier pour hôpitaux, équipement de laboratoire...* [online]. Copyright © 2020 [cit. 2.10.2019]. Dostupné z: <https://www.medicaexpo.fr/prod/auden-funeral-supplies/product-84615-547167.html>

[5] Transport trolley / coffin / bariatric / height-adjustable - XL CLXL001 - Auden Funeral Supplies. *MedicalExpo - The online medical exhibition: medical material, medical imagery, hospital furniture, laboratory equipment, etc.* [online]. Copyright © 2020 [cit. 03.10.2019]. Dostupné z: <https://www.medicaexpo.com/prod/auden-funeral-supplies/product-84615-547145.html>

[6] Medical Stretchers - Ambulance Stretchers - Mobi Medical Supply. *Medical Stretchers - Ambulance Stretchers - Mobi Medical Supply* [online]. [cit. 3.10.2019]. Dostupné z: <https://medical-stretchers.com/>

[7] High quality equipment, Autopsy, Laboratory, Mortuary, Aus, NZ | Tek Equipment. *High quality equipment, Autopsy, Laboratory, Mortuary, Aus, NZ | Tek Equipment* [online]. [cit. 4.10.2019]. Dostupné z: <http://www.tekequipment.com.au/>

[8] Elevatori montaferetri Zallys - Qualità made in Italy: Elevatori montaferetri. *Elevatori montaferetri Zallys - Qualità made in Italy* [online]. [cit. 4.10.2019]. Dostupné z: <https://elevatorimontaferetri.blogspot.com/2013/09/elevatori-montaferetri.html>

[9] *HONOR Piëteitstechniek - De fabrikant van gereedschappen voor gebruik op de begraafplaats!* - *HONOR pieteteitstechniek* [online]. [cit. 5.10.2019]. Dostupné z: [http://www.honor-pieteteitstechniek.nl/honor\\_pieteteitstechniek\\_home/page.html](http://www.honor-pieteteitstechniek.nl/honor_pieteteitstechniek_home/page.html)

- [10] Thalheimer Kühlung | German Manufacturer of Medical Refrigerators and equipment. [online]. Copyright © 2019 [cit. 5.10.2019]. Dostupné z: <http://thalheimer-kuhlung.com/en/about-us/>
- [11] Coffin Hoist – Cemetery range [online]. Copyright ©T [cit. 5.10.2019]. Dostupné z: [https://www.dimcar.it/en/cemetery\\_range/coffin\\_hoist/index.aspx](https://www.dimcar.it/en/cemetery_range/coffin_hoist/index.aspx)
- [12] *Cremation Equipment Crematorium Products DFW Europe* [online]. Copyright © [cit. 06.10.2019]. Dostupné z: <https://dfweurope.com/wp-content/uploads/2017/08/Automatic-charging-bier.pdf>
- [13] Chargingbiers : ATI. *Cremator and filtration system* [online]. [cit. 06.10.2019]. Dostupné z: <http://www.cremator-ati.com/charging-biers.php>
- [14] Crematory Products – Cremator Charger Kompact - LEEC. *Mortuary Products, Funeral Equipment, Laboratory Equipment Manufacturers&Suppliers - LEEC* [online]. Copyright ©2019 LEEC. All rights reserved. [cit. 07.10.2019]. Dostupné z: <http://www.leec.co.uk/products/crematoriums-and-cemeteries/cremation-chargers/cremator-charger-kompact>
- [15] Cremator Charger XL 65st(412kg) - Shepherd's Funeral Supplies. *Shepherd's Mortuary, Funeral, Embalming and Laboratory Supplies* [online]. Copyright © 2019 [cit. 07.10.2019]. Dostupné z: <http://www.shepherds.ie/products/cremator-charger-xl-65st412kg/>
- [16] *Friends of WestNorwood CEMETERY* [online]. 2011 [cit. 08.10.2019]. Dostupné z: <https://www.fownc.org/pdf/newsletter40.pdf>
- [17] Austeng Crematoria & Cemetery Catafalques [online]. Copyright © 2019. Austeng [cit. 08.10.2019]. Dostupné z: <https://www.austengcc.net.au/product/catafalque/>
- [18] *Městské služby Ústí nad Labem, příspěvková organizace – ZALOŽENO 2005* [online]. Copyright © [cit. 08.10.2019]. Dostupné z: [http://www.msul.cz/admin/fileman/Uploads/vz/vyrocní\\_zpráva\\_2014.pdf](http://www.msul.cz/admin/fileman/Uploads/vz/vyrocní_zpráva_2014.pdf)
- [19] Pojízdný katafalk na míru Planá. *Pohřebnické pomůcky.cz | Velkoobchod a maloobchod s pohřebními pomůckami.* [online]. [cit. 09.10.2019]. Dostupné z: <http://www.pohrebnickepomucky.cz/sortiment/pojizdny-katafalk/pojizdny-katafalk-na-miru/>
- [20] Lift Tables Selection Guide | Engineering360. *Engineering360 - Engineering Search & Industrial Supplier Catalogs* [online]. Copyright © Copyright 2020

- IEEE GlobalSpec [cit. 01.11.2020]. Dostupné z: [https://www.globalspec.com/learnmore/material\\_handling\\_packaging\\_equipment/material\\_handling\\_equipment/lift\\_tables](https://www.globalspec.com/learnmore/material_handling_packaging_equipment/material_handling_equipment/lift_tables)
- [21] Teleskopický zdvihací sloup PHOENIX - ALTO SYSTEMS s.r.o.. *ALTO SYSTEMS s.r.o. | dodavatel manipulační a zdvihací techniky* [online]. Copyright © 2017 Všechna práva vyhrazena [cit. 02.11.2019]. Dostupné z: <https://www.altosystems.cz/produkt/teleskopicky-zdvihaci-sloup-phoenix/#popis>
- [22] Úvodní stránka | uni-max [online]. Copyright © [cit. 02.11.2019]. Dostupné z: [https://www.uni-max.cz/getmedia/9969e464-6a84-4b05-995f-69b67fd245eb/cz\\_qjy240be\\_01?ext=.pdf](https://www.uni-max.cz/getmedia/9969e464-6a84-4b05-995f-69b67fd245eb/cz_qjy240be_01?ext=.pdf)
- [23] Nákladní hydraulické - VÝTAHY VMC s.r.o.. *Úvod - VÝTAHY VMC s.r.o.* [online]. [cit. 02.11.2019]. Dostupné z: <https://vytahy-vmc.cz/ostatni-vytahove-sluzby/plosiny/nakladni-hydraulicke/>
- [24] Porovnání pneumatických, hydraulických a elektrických lineárních pohonů - Portál pro strojní konstruktéry. *Portál pro strojní konstruktéry* [online]. Copyright © 2013 [cit. 04.11.2019]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/novinka/porovnani-pneumatickych-hydraulicnych-a-elektrickych-linearnich-pohonu>
- [25] Aktuátory | T.E.A. TECHNIK s.r.o.. *T.E.A. TECHNIK s.r.o. - lineární vedení a pohony* [online]. Copyright © Teatechnik 2020 [cit. 02.01.2020]. Dostupné z: <https://www.teatechnik.cz/aktuatory/>
- [26] Industrial Lift Tables | Jack Screw Lift Platforms. *Custom Engineered Material Handling Solutions* | [online]. Copyright ©2020 [cit. 05.01.2020]. Dostupné z: <https://www.bushman.com/floor-based-material-handling-equipment/lift-platforms/>
- [27] RigidChain Technology by Serapid. *RigidChain Technology by Serapid* [online]. [cit. 03.01.2020]. Dostupné z: <https://www.serapid.com/>
- [28] PushPull chain LinearChain - Framo Morat - Your idea - Our drive. *Framo Morat - Your idea - Our drive* [online]. Copyright © Framo Morat 2016 [cit. 03.01.2020]. Dostupné z: <https://framo-morat.com/products/linearchain-push-pull-actuators/>
- [29] Spiralift Technology for platformelevator, stage, orchestra and piano. [online]. Copyright © Gala Systems Inc. [cit. 05.01.2020]. Dostupné z: <https://www.galasystems.com/en/spiralift/>

- [30] Belt Drive Scissor Lift Tables | Enkon.Pro. *Scissor Lift Tables and Material Handling Systems* | Enkon.Pro [online]. Copyright © 2009 [cit. 07.01.2020]. Dostupné z: <https://www.enkon.pro/belt-drive-scissor-lift-tables.html>
- [31] HOLINKA, Jiří. *Zdvihací zařízení: zásady bezpečného provozu výtahů, stavebních výtahů, jeřábů a dalších zdvihacích zařízení v souladu s platnými předpisy*. Rožnov pod Radhoštěm: RoVS - Rožnovský vzdělávací servis, 2002. ISBN 80-238-9182-0.
- [32] Bezpečnostní optické závory | Balluff. *302 Found* [online]. Copyright © 2020 Balluff CZ s.r.o. [cit. 07.01.2020]. Dostupné z: <https://www.balluff.com/local/cz/products/product-overview/safety/opto-electronic-protective-devices/>
- [33] Krycí Měchy | Hennig Inc.. *Machine Protection Solutions - Chip & Coolant Management* | Hennig Inc. [online]. Copyright © 2016 [cit. 01.02.2020]. Dostupné z: <https://www.hennigworldwide.com/cz/bellow-covers/>
- [34] E-learning - Statika. *VŠB-TUO - 403* [online]. Dostupné z: [http://elearning-330.vsb.cz/Statika\\_elearning/index.htm](http://elearning-330.vsb.cz/Statika_elearning/index.htm)
- [35] Skripta MECHANIKA TĚLES – STATIKA [online]. Copyright © [cit. 12.02.2020]. Dostupné z: [http://www.umt.fme.vutbr.cz/images/opory/Mechanika%20I%20-%20Statika/Tech\\_mech\\_I.pdf](http://www.umt.fme.vutbr.cz/images/opory/Mechanika%20I%20-%20Statika/Tech_mech_I.pdf)
- [36] Feron online - Profil dutý svařovaný černý s obdélníkovým průřezem, EN 10219,|rozměr|80x40x5. [online]. Copyright © 2017 Feron a.s. [cit. 25.02.2020]. Dostupné z: <https://online.feron.cz/detail/44061/profil-duty-svarovany-cerny-s-obdelnikovym-prurezem-en-10219-rozmer-80x40x5>
- [37] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard Gordon BUDYNAS, HARTL, Martin a Miloš VLK, ed. *Konstruování strojních součástí*. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic, sv. 3. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [38] CZ FERRO STEEL - hutní materiál, ocelové trubky kalibrované, tažené, uzavřené profily [online]. Dostupné z: <http://www.czferrosteel.cz/pdf/trubky1-S355J2H.pdf>
- [39] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 5., upr. vyd. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4.
- [40] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: části pohonů strojů*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1860-3.

- [41] LinkLift | Serapid. *Rigid Chain Technology by Serapid* [online]. Copyright © [cit. 11.03.2020].. Dostupné z: <https://www.serapid.com/en/downloads/linklift>
- [42] RAVEO s.r.o. | *WORLD OF MOTION* [online]. Copyright © [cit. 11.03.2020]. Dostupné z: [https://www.raveo.cz/sites/default/files/download/2016/11/ac-motory-raveo-2016-11\\_8.pdf](https://www.raveo.cz/sites/default/files/download/2016/11/ac-motory-raveo-2016-11_8.pdf)
- [43] *Frekvenční měnič - Frekvenční měniče* | *VYBO Electric* [online]. Copyright © [cit. 13.03.2020]. Dostupné z: <https://vyboelectric.cz/wp-content/uploads/2020/01/Katalog-Frekvencných-menicov.pdf>
- [44] *TOS ZNOJMO, akciová společnost – Vývoj a výroba převodovek a hřídelí* [online]. Copyright © [cit. 11.04.2020]. Dostupné z: <https://d2.tos-znojmo.cz/wp-content/uploads/2017/06/Katalog-MRT-A.pdf>
- [45] ROTEX - 301 Moved Permanently. *301 Moved Permanently* [online]. Dostupné z: [http://www.ktr.com/fileadmin/ktr/media/Tools\\_Downloads/kataloge/01\\_flexible\\_jaw\\_bin\\_bush\\_ROTEx.pdf](http://www.ktr.com/fileadmin/ktr/media/Tools_Downloads/kataloge/01_flexible_jaw_bin_bush_ROTEx.pdf)
- [46] FERONA a.s.. *FERONA a.s.* [online]. Copyright © design 2017 [cit. 11.04.2020]. Dostupné z: <http://www.ferona.cz/>

## SEZNAM PŘÍLOH

### Výkresová dokumentace

A – 001 – 000	Katafalk úplný
B – 001 – 001	Zvedací mechanismus
C – 001 – 002	Poháněcí stanice
D – 001 – 003	Horní část katafalku